István Hargittai

Candid Science

Conversations with Famous Chemists

Edited by
Magdolna Hargittai

Imperial College Press
2000

Иштван Харгиттаи

ОТКРОВЕННАЯ НАУКА

Беседы со знаменитыми химиками

Перевод с английского
П. М. Зоркого

Под редакцией
Магдолны Харгиттаи

УРСС
Москва • 2003

ББК 24.1, 91

Настоящее издание осуществлено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 02-03-46021)

Харгиттаи Иштван

Откровенная наука. Беседы со знаменитыми химиками.
Пер. с англ. П. М. Зоркого. Под ред. М. Харгиттаи. — М.: Едиториал УРСС, 2003. — 472 с.

ISBN 5-354-00223-0

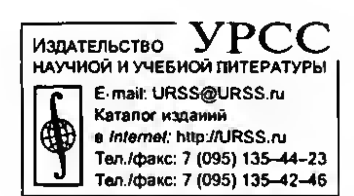
Книга И. Харгиттаи содержит около сорока бесед с выдающимися химиками XX века, многие из которых были удостоены Нобелевской премии. Среди них создатель теории разветвленных цепных реакций Николай Семенов, творцы квантовой химии Лайнус Полинг, Роальд Хофман, Кеничи Фукуи, Майкл Дьюар, Джон Попл, великие синтетики-органики Джон Корнфорд, Джордж Ола, один из лидеров координационной химии Альберт Коттон, создатель спектроскопии ЯМР высокого разрешения Ричард Эрнст, ученые, усилиями которых были выделена и изучена молекула фуллерена C_{60}, основоположник фемтосекундной спектроскопии Ахмед Зевейл и многие другие. Неформальный, живой характер этих бесед дает возможность вникнуть в сущность выдающихся химических достижений второй половины XX века, познакомиться с ними в популярном изложении авторов этих открытий.

Из книги И. Харгиттаи широкий круг читателей (научные работники, аспиранты, студенты, занимающиеся или интересующиеся химией) получат много полезной информации о жизни ученых и научного сообщества в США и в Европе.

Издательство «Едиториал УРСС». 117312, г. Москва, пр-т 60-летия Октября, 9.
Лицензия ИД № 05175 от 25.06.2001 г. Подписано к печати 14.07.2003 г.
Формат 60×90/16. Тираж 1200 экз. Печ. л. 29,5. Зак. № 218

Отпечатано в ГУП «Облиздат». 248640, г. Калуга, пл. Старый Торг, 5.

ISBN 5-354-00223-0



Оглавление

Предисловие переводчика

Читать (и переводить) эту книгу было очень интересно. Я думаю, что с большим интересом ее прочтут многие российские химики. Пока литература такого рода — в явном дефиците на наших книжных прилавквх. Обращаясь к истории химии, авторы учебников и популярных книг много и часто рассказывали о давних временах, о Менделееве и Бутлерове, затем — о радиоактивности, о новых элементах, о витаминах и удобрениях. Потом химия стала антигероиней — виновницей всех экологических бед. А о фундаментальной науке XX века — особенно второй его половины, особенно о достижениях америквнских н европейских химиков — к широкому читателю поступвла весьма скупая и неточная информация. Между тем, именно в XX веке и, конечно же, в основном отнюдь не в России была создана большая часть того, что формирует фундамент современной химии.

В книгах Иштвана Харгиттаи, составляющих серию «Candid Science», перед нами предстает великолепная когорта творцов современной химии; в первом томе мы встречаемся с четырьмя десятками выдающихся химиков — от отца квантовой химии Лайнуса Полинга до создателя фемтохимии Ахмеда Зевейла. Они сами рассказывают о своих достижениях, и это иногда придает рассказу неповторимые оттенки смысла — такие, которые невозможно извлечь из научных статей, учебников, из научно-популярной литературы. Иштван Харгиттаи общается со своими героями *лично*, и своеобразие этого *личного общения* делает достоянием читателя: каждый, кто прочувствовал стиль книги, вовлекается в этот диалог, становится непосредственным участником этих доверительных бесед.

Герои книги неразрывно связаны с окружающей их научной средой (а иногда и с социальными и политическими аспектами жизни), их исследования неотделимы от их биографий, увлечений, культурного фона. Таким образом читатель узнает отнюдь не только о научных достижениях. Перед ним раскрываются многие аспекты жизни ученых и их окружения, а в их биографиях находят яркое отражение исторические события, происходившие в США, Англии, Германии, Австрии, СССР и других странах.

Уникальные особенности книги Харгиттаи ставят исключительно сложную задачу перед переводчиком. И мы отдавали себе отчет в этом, когда принимались за перевод (мы — это я и сотрудник лаборатории кристаллохимии химфака МГУ А. В. Камчаткин, который много помогал в этой рвботе). Но в действительности этот труд оказался еще сложиее, чем мы предполагали.

Прежде всего, немало проблем возникало по причине разночтений в терминологии, отсутствия устоявшихся мостов между англоязычными и русскоязычными способами изложения химических, физических, биологических, медицинских вопросов. И это немало осложнялось необходимостью сохранить единообразие в способах выражения, принятых в разнообразных разделах химии и других естественных наук.

Другим труднопреодолимым препятстаием было отличие российской системы образования и сложившейся в советские времена системы ученых степеней и званий от систем, принятых в Европе и в США. Здесь мы постоянно сталкивались не только с терминологическими проблемами, но и с невозможиостью

адекватно и лаконично отобразить в переводе принципиальные различия в положении и возможностях студентов, преподавателей, научных работников в России и за рубежом. Мы пытались преодолеть это препятствие с помощью подстрочных примечаний переводчика.

Еще одна особенность книги Иштвана Харгиттаи заключается в невероятно большом числе действующих лиц, огромном числе упоминаемых имен. Здесь — отнюдь не только герои книги — ученые, их учителя, коллеги, ученики, члены их семейств, но и исторические личности, деятели искусства. Именной указатель в оригинале книги включает в себя более 600 имен. В связи с этим перед нами прежде всего стояла иногда отнюдь не простая задача русской транскрипции англоязычных (а также немецких, японских, венгерских и т. д.) имен собственных. Если в русском языке уже сложился способ написания данного имени, то мы его и придерживались, ориентируясь на энциклопедические издания и авторитетные справочники. В противном случае мы старались правильно воспроизвести звучание имени, если оно было нам известно, или следовали, насколько возможно, правилам английской фонетики и принципам русской лексики. Аналогичные проблемы приходилось решать в отношении многочисленных географических названий. Немало трудностей было и в переводе названий организаций и фирм, а также в переводе (или воспроизведении) аббревиатур. Разумеется, нет уверенности в том, что мы успешно справились со всеми этими задачами. Думается, здесь необходим системный подход, который, если и существует, то развит явно недостаточно. Развитие этих аспектов перевода с английского языка на русский (и наоборот), конечно же, составляет самостоятельное и обширное поле деятельности, однако капитальные итоги этой деятельности — словари, базы данных, концептуальные труды, — если и существуют, то недостаточно известны.

Другая сторона, связанная с указанными особенностями книги Харгиттаи, заключается в существенном различии круга осведомленности англоязычного читателя, на которого рассчитана книга, и россиян, приобщавшихся к науке и образованию совсем иными путями. Многие имена, названия, события, аббревиатуры, упоминающиеся в тексте, совершенно понятны образованному американцу или европейцу, но вызовут недоумение или даже породят превратное понимание у русского читателя. Поэтому мы сочли полезным вставить в текст некоторые (весьма лаконичные) пояснения и во многих случаях дали соответствующие подстрочные примечания. Это особенно касалось выдающихся ученых и других знаменитостей, которые хорошо известны в научных кругах на Западе, но неизвестны или почти неизвестны в России.

Важнейшая заслуга автора книги заключается, по нашему мнению, в консолидации научного сообщества и его передового отряда — первооткрывателей, экспертов, лидеров и активных рядовых работников. Нобелевский лауреат профессор Ж.-М. Лен сказал, что книга дает сведения «о многих гранях химии и о некоторых из ее главнейших деятелей в форме впечатляющих и живых разговоров». Перевод этой книги, по-видимому, должен способствовать тому, чтобы к передовому отряду ученых-химиков были приобщены и россияне.

Иштван Харгиттаи широко известен в научном мире своими исследованиями и оригинальными литературными трудами, к числу которых относится и «Откровенная наука»; он вполне достоин того, чтобы занять место в ряду героев книги. Поэтому мы сочли возможным добавить к переводу книги еще одну беседу — интервью с профессором Харгиттаи.

Март 2003 г. *П. М. Зоркий*

Предисловие автора к русскому изданию

Выход в свет русского перевода первого тома серии «Откровенная наука» — радостное для меня событие. Оригинальное издание на английском языке было хорошо встречено как читателями, так и критиками. За первым томом последовали книги *Candid Science II: Conversations with Famous Biomedical Scientists* («Откровенная наука II: Беседы со знаменитыми учеными, работающими в области биомедицинских наук») и *Candid Science III: More Conversations with Famous Chemists* («Откровенная наука III: Новые беседы со знаменитыми химиками»). Готовится к печати следующий том серии: *Candid Science IV: Conversations with Famous Physicists* («Откровенная наука IV: Беседы со знаменитыми физиками»).

Перевод, выполненный профессором Московского университета Петром Марковичем Зорким, мне понравился. Петру Марковичу удалось передать не только слова и информацию, содержащуюся в предлагаемых беседах, но и особенную атмосферу этих интервью, и столь несхожие между собой философские взгляды моих собеседников. В этом ему помогло не только знание иностранных языков, но и его собственный огромный опыт проведения научных исследований и преподавательской деятельности.

Этот перевод книги на русский язык мне особенно дорог, потому что годы моего становления в науке — это студенческие годы, проведенные в Московском государственном университете. Возможно, книгу прочтет кто-нибудь из моих бывших учителей, сокурсников и их учеников. Пусть она станет своеобразным приветом от меня и пожеланием всех благ моим многочисленным русским друзьям.

Будапешт, март 2003 года *Иштван Харгиттаи*

К читателю

Собранне нитервью профессора Харгиттаи — своевремеиная дань недавно завершившемуся замечательиому столетию химической истории. Интервьюнруемые — это около сорока химиков, которым посчастливилось участвовать в важнейшем этапе развнтня хнмнн, какнм былн последине десятнлетня прошедшего века.

В грядушие века эти историческне событня будут пересказаны с большим понимаиием и более точиой оцеикой, чем это возможио сегодня. Но в одиом отиошении иаписаииое здесь никогда ие будет воспронзведеио: это личный взгляд химиков, каждый из которых представляет собой иеповторимую индивидуальиость.

Ученые иногда кажутся автоматами, лишеиными человеческих чувств (в отличие от артистов, иапример). Но сами учеиые и те, кто живет рядом с иими, понимают, иасколько иеправилен такой взгляд. К сожалению, большиинство людей очеиь мало знают о иауке и о частной жнзин ученых и часто думают, что оин живут в ииом мнре — не в том, в котором жнвут обычные людн.

Я иадеюсь, что нитервью, собраиные здесь, будут способствовать опровержению этого мнення, неверного, но укрепляющегося в общественом созиании. Эти беседы говорят о том, как современиые химики живут и работают, почему они выбралн хнмню в качестве своей професснн н как оии пришлн к открытням, которые прннеслн нм всеобщую известность. Неформальиость этих бесед создает впечатлеиие, что чнтатель скорее участвует в разговоре, чем слушает автобиографическую лекцню.

Детн рождаются нсследователямн, но, чтобы онн могли сохраннть свою любовь к познаиию, им нужны вдохиовляющие прнмеры людей, преуспевших на этом поприще, примеры, которым онн моглн бы следовать. Эта книга понравится всем, кто интересуется наукой. Оиа будет особо цеиной для молодых людей, которых оиа может побудить пойти за теми, о ком здесь рассказано.

Лоидои *Джордж Портер*

Предисловие

На заре двадцать первого столетия и нового тысячелетия хочется подытожить успехи химии, достигнутые в последние десятилетия XX века и сыгравшие выдающуюся роль в научном прогрессе. Представляет интерес узнать и о том, что стоит за этими достижениями непосредственно от некоторых из главнейших участников этих событий. Содержание предлагаемого вниманию читателей сборника интервью покрывает широкую область химии с акцентом на следующие произвольно выбранные разделы: структурную химию, медицинскую химию, химию природных веществ, стереохимию, теоретическую и компьютерную химию, неорганическую химию, физическую органическую химию, спектроскопию ЯМР, фуллерены, кинетику и механизмы реакций, химию атмосферы. Конечно, эти разделы существенно перекрываются между собой и даже более того: есть тесные соприкосновения между исследованиями многих представленных в книге ученых. Есть, конечно, и существенные пробелы. Следующее собрание интервью, которое уже готовится, будет значительно шире настоящего издания.

Эта книга представляет собой первую выборку моих бесед со знаменитыми учеными, она содержит также некоторые добавления. Среди них — краткая глава об Одде Хасселе, которому я никогда не задавал вопросов в такой форме, как остальным, но мое общение с ним тоже представлялось мне одним из интервью. Я подготовил два раздела с цитатами из Эрвина Чаргаффа и Джона Корнфорта, дополняющие их интервью. Я сделал это потому, что хотел поделиться интеллектуальным удовольствием, которое получил от их текстов. Другое дополнение расширяет короткое интервью с Лайнусом Полингом. Оно касается дискуссии о резонансной теории в Советском Союзе в начале 1950-х гг. Я присутствовал на посвященном памяти Полинга заседании Американского химического общества в 1994 г. в Анахайме и был поражен тем, как мало знают об этой истории коллеги, интересующиеся жизнью и работами Лайнуса Полинга. Еще одно дополнение касается начала исследования кратных связей металл—металл. Системы с такими связями были созданы и изучены московскими учеными, однако многократные связи в них были выявлены лишь в результате работ Альберта Коттона. Я добавил краткий отрывок о Бакминстере Фуллере, в связи с его примечательной, хотя и косвенной, ролью в истории фуллеренов. В этом мне очень помогла запись беседы с Эдом Эплуайтом, помогавшим Фуллеру в создании «Синергетики» — его главного труда. Наконец, в книге есть краткий раздел о Поле де Крайфе[1)], поскольку его книга «Охотники за микробами» в свое время была не менее важна для привлечения к химии любознательных детей, чем набор химических реактивов (для поколений, столь ярко представленных некоторыми из моих собеседников).

Моя первая беседа со знаменитым химиком — Николаем Семеновым — была записана еще в 1965 г., но лишь учреждение ежеквартального журнала «Химический собеседник» («The Chemical Intelligencer»), с 1995 г. выпускавшегося

[1)] Пол де Крайф (Де Крюи) (De Kruif) (1890–1974) — американский писатель, автор широко известных книг «Охотники за микробами» и «Борьба с безумием», которые неоднократно издавались в русском переводе (обычно фамилия автора переводилась как Де Крюи). — *Прим. пер.*

издательством «Шпрингер-Ферлаг» в Нью-Йорке, существенно стимулировало такие интервью. Я благодарен издательству «Шпрингер-Ферлаг» за любезное разрешение воспроизвести здесь материалы из «Химического собеседника». Некоторые интервью приведены полностью, другие — с небольшими изменениями или расширением описания обстоятельств данного интервью. Многие интервью представлены в этом томе впервые. В каждом разделе приведены необходимые библиографические данные.

Обычная процедура подготовки интервью была такой. Я устанавливал контакт с интервьюируемым, мы назначали дату встречи и имели беседу, которая записывалась на магнитофон. Затем я готовил и слегка редактировал рукопись и посылал ее интервьюируемому для правки, сокращений и добавлений. Это процедура повторялась до тех пор, пока интервью не становилось вполне удовлетворительным. Иллюстрациями к беседам служат фотографии, сделанные во время разговора, и фотографии, предоставленные интервьюируемыми. В некоторых случаях интервью проводилось по почте.

Я стремился включить во все беседы обсуждение важных аспектов химии и, вместе с тем, хотел получить сведения о жизни и мыслях интервьюируемого ученого. Поскольку я в большей степени научный работник, чем репортер, я старался не касаться личных проблем, которые могли быть неприятны интервьюируемому. Приступая к разговору, я просил собеседника не отвечать на любой из моих вопросов, если с его точки зрения вопрос не заслуживал обсуждения. Поэтому в некоторых местах моих интервью читателю может показаться, что мне следовало «нажать» на собеседника, чтобы выудить побольше ответов и подробностей, но читатель никогда не узнает о вопросах, не принятых собеседниками. В этом сказывается ограниченность моего подхода. С другой стороны, я вижу в нем ценное преимущество: интервьюируемый больше расскажет доброжелательному коллеге, чем пытливому репортеру. Во всяком случае, цель интервью заключалась в том, чтобы узнать нечто новое о химии и установить тесную человеческую близость с великими учеными. Из этих разговоров я извлек очень многое как в отношении химии, так и в отношении особенностей человеческого поведения и личной философии. Я благодарен всем своим собеседникам за пожертвованное ими время, за их вклад в мою книгу, за интерес и поддержку моего проекта.

Редактором этой книги является Магдолна Харгиттаи, доктор химических наук, руководитель исследовательской группы; она — неизменный партнер в моих начинаниях в химии (иногда рискованных) и во всех других аспектах моей жизни; она часто чувствует мои желания и предпочтения раньше, чем я сумею их выразить.

При выполнении докторской работы у меня не было руководителя, даже формального. Я никогда не преклонялся перед авторитетами, однако неизменно испытывал восторг, когда встречал хорошего учителя, и так или иначе он всегда был у меня в нужный момент — необязательно в непосредственной близости. Иметь хороших учителей — это самое важное, что может способствовать научному продвижению. Хороший учитель необязательно должен быть назначен вашим учителем. Хороший учитель — это хороший пример, и он может подействовать множеством разных способов. Мои интервью еще раз дали мне почувствовать преимущества хорошего обучения, и моя самая большая надежда состоит в том, что эти беседы будут так же восприняты моими читателями. Именно в этом смысле я посвящаю эту книгу грядущим поколениям студентов, для которых большая часть представленного здесь материала будет уже историей науки.

Будапешт, осень 1998 г. *Иштван Харгиттаи*

Лайнус Полинг (предоставлено Лайнусом Полингом)

1

Лайнус Полинг (Linus Pauling)

Жизнь и деятельность Лайнуса Полинга (1901–1994) документированы с большой подробностью. Его общеизвестные и поразительно широкие интересы нашли отражение в том, что он — единственный — получил две неразделенные Нобелевские премии. Первая — по химии — была присуждена ему в 1954 г. «за его исследования природы химической связи и их применение к установлению структуры сложных молекул». Затем он получил Нобелевскую премию мира 1962 г. (по решению Норвежского парламента, принятому в 1963 г.).

Время от времени я переписывался с Лайнусом Полингом по поводу ряда вопросов, в частности касающихся симметрии и квазикристаллов, и лично встретился с ним в начале 1980 г. в университете Осло. Он прибыл туда с кратким визитом по приглашению ректора университета, моего давнего друга Отто Бастиансена, у которого в то время гостил и я. В переполненной аудитории Полинг прочел лекцию по структурной химии. Он подробно обсуждал, в частности, гибридизацию переходных металлов — вопрос, по поводу которого он много писал в то время. По ходу лекции он выводил сложные формулы, не пользуясь никакими шпаргалками. Он прохаживался туда и обратно перед очень длинной доской и покрывал ее формулами. Это было впечатляюще: я сожалел, что после лекции написанное на доске сотрут. Полинг держал полную энтузиазма норвежскую аудиторию в благоговейном трепете, и это явно доставляло ему удовольствие. Постепенно до меня дошло, что головоломные выкладки не были нужны для понимания сути дела, что он мог бы

с тем же успехом пояснить словами то, чему он хотел нас научить. Так или иначе, хотя это была изнурительная лекция, по прошествии часа (редкий случай!) я не хотел, чтобы она кончилась. После лекции во время ланча Полинг оставался свежее и подвижнее любого из нас. Он обсуждал разоружение и преподавание, рекламировал свою «Общую химию», написанную в соавторстве с сыном Питером, спрашивал нас о наших исследованиях.

Когда осенью 1993 г. я готовился к изданию «Химического собеседника», я вел по этому поводу переписку с Лайнусом Полингом. Он с энтузиазмом отнесся к журналу, посвященному культурным аспектам химии. Этого было вполне достаточно для поддержки, но он добавил, что его другие дела не дают ему возможности написать что-нибудь для журнала. Это подсказало мне идею задать ему несколько вопросов, ответы на которые не потребовали бы от него больших усилий. Я подозревал, что он был уже очень болен тогда.

Поскольку его взгляды к тому времени были обстоятельно изложены в многочисленных изданиях, я решил сосредоточиться на четырех вопросах, наиболее важных для меня. Они касались 1) длительной стабильной востребованности его концепций, относящихся к структурной химии, 2) дискуссий по поводу его идей о резонансе и электроотрицательности, происходившей в Советском Союзе, 3) открытия квазикристаллов и фуллеренов, 4) постоянно растущей важности компьютерных вычислений в химических исследованиях.

В дополнение к тому, что он сказал, я цитирую два абзаца из его статьи, на которую он сослался, отвечая на мой последний вопрос. Я включил в книгу краткий рассказ о московской конференции 1951 г., посвященной теории резонанса, и некоторые комментарии по этому вопросу (в следующей главе). По поводу квазикристаллов я переписывался с ним, когда он представил статью для сборника работ по симметрии, составителем которого был я. Статья имела очень красноречивый заголовок «Интерпретация так называемых икосаэдрических и декагональных квазикристаллов сплавов, рассматривающая кажущуюся икосаэдрическую симметрию как результат двойникования 820-атомных кубических кристаллитов» [1].

Мне было интересно, изменил ли он свое весьма жесткое критическое отношение к понятию квазикристалла, — получалось, что не изменил. После этого «Химический собеседник» провел ряд интервью с главными участниками этого открытия [2]. В настоящей книге содержится ряд бесед с теми, кто участвовал в обнаружении фуллеренов, включая тех, кто предсказал устойчивость молекулы C_{60}. Похоже, Полинг не знал об этих предсказаниях. Теперь вопросы и ответы[1].

Проведенная недавно оценка показала [3], что в то время, когда вышло первое издание «Природы химической связи», было известно только 0,01 % доступной сегодня структурной информации. Тем не менее, Ваши обобщения и выводы, касающиеся молекулярной структуры и химических связей, выдержали проверку временем. Не могли бы Вы прокоммента-

[1] The Chemical Intelligencer. 1995, *1* (1), 5, 1995, Springer-Verlag, New York, Inc.

ровоть это, в чостности, оценить зночение сровнительных методов в химии?

По-моему, структурная информация, доступная в 1939 г., когда вышла в свет кннга «Прнрода хнмнческой связн», была достаточной, чтобы сделать разумные общне выводы о хнмнческих связях, и я не удивляюсь, что этн обобшення выдержали испытанне временем. Я думаю, что мон собственные крнсталлоструктурные нсследовання н работы, авторамн которых былн Р. У. Уайкофф н Р. Г. Днкннсон, включалн в себя достаточный круг крнсталлов, чтобы можно было ответнть на вопросы, которые стоялн в то время. Кроме того, нашн работы по электронной днфракции в 1930-х гг. давалн сведення о многнх простых молекулах разного тнпа; такнм образом оказалось возможным сделать новые обобщення.

В ночале 1950-х гг., в то время, когдо у Вос были проблемы с Госудорственным депортоментом США из-зо Воших якобы левых взглядов, Вос остро критиковали в Советском Союзе зо Вошу резононсную теорию, которую считали идеологически вредной. Носколько внимотельно Вы следили зо этими деботами в Советском Союзе? Кокой было Вошо реокция, когдо десятилетием позже концепция электроотрицотельности было отвергнуто официольной советской химией?

На то, чтобы химнкн в Советском Союзе получилн правильное представление о резонансной теорнн, ушло несколько лет (прнмерно с 1949 по 1955 гг.). Я ннчего не знаю о непрнятнн офнцнальной советской химней концепцин элктроотрнцательности.

Последние открытия, токие кок обноружение квозикристаллов и фуллеренов, кок будто бы зостоли врасплох специалистов по твердому состоянию и химическое ноучное сообщество. Были это совершенно исключительные события или мы должны быть готовы увидеть и другие токого родо неожидонные открытия в будущем?

Я поражаюсь тому, что ннкто не предсказал устойчнвость C_{60}. Я мог бы это сделать, особенно потому, что я знал 60-атомную структуру с нкосаэдрнческой снмметрней, которая встречается в ннтерметаллнческих соедннениях. Похоже, людям трудно формулнровать новые нден. Вот однн нз прнмеров: с 1873 и по 1914 гг. ннкто не догадался, что алмаз должен нметь общензвестную теперь алмазную структуру, хотя тетраэдрнческое расположенне связей атома углерода уже было нзвестно.

Что касается квазнкрнсталлов, как Вы знаете, я рассматриваю нкосаэдрнческие квазнкристаллы как нкосаэдрические сростки кубическнх крнсталлов, содержащне очень большие нкосаэдрические комплексы атомов. Неудивительно, что такне кристаллы существуют. Первый нз ннх был обнаружен для соединения MgZnAl, опнсанного монмн сотрудннками н мной в 1952 г. Мы не наблюдалн квазнкрнсталлы этого соединення, но позже о ннх сообщалось.

Некоторые считоют, что постоянно совершенствующиеся вычислительные методы догоняют технику физического эксперимента, по крой-

ней мере, в структурной химии. Чего Вы ждете в этом плане в ближайшем будущем?

Я не думаю, что квантовомеханические расчеты молекулярной или кристаллической структуры когда-нибудь сделают излишними химические аргументы, типа тех, которые использованы в моей книге. Квантовомеханические вычисления делаются для одного вещества, иногда, возможно, для еще одного сходного вещества. А мои суждения о химической структуре имеют очень общий характер и относятся ко всем молекулам и кристаллам.

Плакат на стене Института Лайнуса Полинга (Институт науки и медицины в Пало-Альто, Калифорния). Я проводил семинар в этом институте 28 февраля 1996 г., в день рождения Лайнуса Полинга (незадолго до того, как институт был расформирован). Символика плаката относится к двум Нобелевским премиям Лайнуса Полинга и схематически отображает пентагональную структуру. Открытия квазикристаллов и фуллерена тесно связаны с пентагональной симметрией

Простые квантовомеханические расчеты имеют большую ценность, как это отмечено в первых главах моей книги и в статье, которую я опубликовал в «Основах физики» пару лет назад.

Два абзаца из упомянутой выше статьи Лайнуса Полинга, на которую он сослался в связи с ответом на последний вопрос. Статья озаглавлена «Ценность приближенных квантовохимических расчетов» [4].

«Размышляя об истории науки, существовавшей приблизительно 60 лет назад, я пришел к заключению, что прогресс во многом был обусловлен приближенными квантовомеханическими расчетами. У меня такое впечатление, что в последующие годы усилия были направлены на то,

чтобы сделать квантовомеханические расчеты как можно более точными. Вместо того, чтобы рассчитывать энергетические уровни и другие свойства системы с использованием простой приближенной волновой функции, соответствующей некоторой простой модели, усилия многих физиков свелись к построению сложной волновой функции — настолько сложной, насколько это приемлемо для компьютера. Мне запомнилась статья, в которой автор сообщает о своей волновой функции, содержащей миллион членов. Можно не сомневаться, что такие вычисления приведут к результатам, согласующимся с экспериментом. Однако на основе сложной волновой функции в принципе невозможно осуществить модельную интерпретацию рассматриваемой системы» [4, с. 830].

«Химии, вероятно, повезло, что огромное количество эмпирических знаний о свойствах химических веществ было получено до развития квантовой механики. Химики стремились понять эти свойства, и в результате разработали классическую теорию химического строения. Если бы вся эта масса информации о свойствах веществ не была накоплена до возникновения квантовой механики, вполне возможно, что теория химического строения так и не была бы создана. Фактически в настоящее время, в 1991 г., химики мало используют квантовую механику, разве что широко применяются принципы образования химической связи, сформулированные на языке квантовой механики. В какой-то степени употребляется химиками точная квантовомеханическая трактовка молекулярного строения, но гораздо чаще они используют классическую модель теории химического строения» [4, с. 834].

Литература

1. *Pauling L., Hargittai I.* (Ed.) Symmetry 2: Unifying Human Understanding. Oxford: Pergamon Press, 1989. P. 337–339.
2. *Hargittai I.* The Chemical Intelligencer. 1997, *3* (4), 25–49.
3. *Murray-Rust P., Goodfellow J. M.* Computer Modelling of Biomolecular Processes / Eds. Moss D. S. New York: Ellis Horwood, 1992.
4. *Pauling L.* Foundations of Physics. 1992, 22, 829–838.

3 Зак. 218

2

Великая советская дискуссия о резонансе

Это краткий обзор стенографического отчета о совещании, которое происходило 11–14 июня 1951 г. в Москве. Он опубликован на русском языке в томе, состоящем из 440 страниц и озаглавленном «Состояние теории химического строения в органической химии» (М.: Изд-во Академии наук СССР, 1952).

Совещание было организовано химическим отделением советской Академии наук. Предметом совещания была теория строения[1] в органической химии. В нем участвовало 450 химиков, физиков и философов со всего Советского Союза, представлявших важнейшие центры научных исследований и высшего образования. Был издан отчет «Состояние теории химического строения в органической химии», составленный специальной комиссией химического отделения; книга содержала также 43 устных выступления и 12 дополнительных статей, представленных в письменном виде. Совещание одобрило резолюцию и послало письмо И. В. Сталину.

Письмо Сталину представляло собой самокритику прошлых ошибок, проявившихся в недооценке роли теории и теоретических обобщений в химических исследованиях и в распространении среди некоторых советских ученых зарубежной теории «резонанса», которая представляла собой попытку ликвидировать материалистические основы структурной теории. Однако советские химики уже начали свою борьбу против идеологических установок буржуазной науки. Они разоблачили лживость так

[1] Следует отметить, что в русском языке наряду с термином «структура» в химической литературе широко используется термин «химическое строение». Последнее понятие, введенное А. М. Бутлеровым, в настоящее время фактически означает совокупность химических связей, присущих данному химическому соединению (граф). В частности, для молекулярных соединений оно чаще всего соответствует структурной формуле. Термин «структура» имеет более широкий смысл и включает в себя геометрические характеристики связей, пространственное расположение атомов и т. д. В английском языке и «химическому строению», и другим аспектам «структуры» соответствует слово *structure*. — *Прим. пер.*

Памятник А. М. Бутлерову (1828–1886) перед зданием химического факультета Московского государственного университета (предоставлено доктором А. А. Ивановым, Москва). Бутлеров был профессором химии в Казанском университете, когда он ввел термин «химическое строение»

Профессор Я. К. Сыркин (1894–1974) и профессор М. Е. Дяткина (1914–1972). Фотографии предоставлены профессором Л. В. Вилковым из Московского государственного университета

называемой «теории резонанса» и обещали очистить советскую химическую науку от пережитков этой теории.

Во время совещания рефреном звучали ссылки на сталинское учение о важности борьбы различных мнений и о свободе критики.

Отчет химического отделения был представлен совещанию академиком А. Н. Терениным от имени специальной комиссии. Список членов этой комиссии и многочисленных участников дискуссии читался как *Кто есть кто* в советской химии. Среди них было много академиков и много будущих академиков.

Отчет включал в себя следующие главы:

1. Учение Бутлерова и его роль в развитии химии.
2. Развитие теории строения во второй половине XIX и в начале XX столетия.
3. Успехи советской органической химии.
4. Квантовая химия и теория строения.
5. О так называемой «теории резонанса».
6. Об ошибках некоторых советских ученых.
7. Современное состояние учения Бутлерова—Марковникова о взаимном влиянии атомов в молекулах и о реакционной способности.
8. Перспективы дальнейшего развития теории строения.

Эти заголовки говорят сами за себя, и я упомяну только некоторые моменты из главы 6. Из нее мы узнаем, что Г. В. Челинцев активно критиковал концепцию «резонанса» в открытой печати. В значительной мере благодаря ему химическое сообщество обратилось к этому вопросу. Основой его критики была его собственная «новая структурная теория», которая, однако, полностью противоречила теории химического строения и не подтверждалась экспериментальными фактами и теоретическими положениями квантовой физики.

Я. К. Сыркин и М. Е. Дяткина были названы главными виновниками распространения теории резонанса в Советском Союзе. Они были обвинены даже в дальнейшем развитии ошибочных взглядов Полинга и Уэланда, в пренебрежении работами советских и русских ученых, в преклонении перед зарубежными авторитетами, в цитировании даже второстепенных работ американских и английских авторов.

Назывались и другие. Среди них — химик-органик А. Н. Несмеянов, который совместно с Р. Х. Фрейдлиной объяснил различие реакционной способности ртутьсодержащих соединений хлорвинила и других квазикомплексных соединений «резонансом» между их ковалентными и ионными структурами. Эти «менее грешные» покаялись и сами стали критиками применений «резонанса».

Отчет представлял собой последовательность выступлений, после каждого их которых следовали вопросы и ответы. Вероятно, главный вопрос касался идеализма концепции резонанса. Ответ на этот вопрос начинался цитатой из В. И. Ленина, согласно которому философский

идеализм представляет собой одностороннее преувеличение одной несущественной черты процесса познания. Эта черта отделяется от материи и от природы и превращается в нечто абсолютное. Затем рассматривалась теория резонанса, в которой, якобы, несущественные детали процесса познания рассматривались как самостоятельные компоненты приближенных расчетов молекулярной волновой функции. Им придавалось первостепенное значение, как если бы они объективно существовали в молекуле и *a priori* определяли молекулярные свойства. Резонансные структуры и их резонанс как бы отрывались от материи, превращались в абсолют, возвышающийся над материей. Очевидно, что в резонансной теории увидели смысл, которого Лайнус Полинг вовсе не подразумевал.

Лишь маленькая, но очень крикливая группа слепо атаковала теорию резонанса и особенно злобно названных выше сторонников этой теории. Квантовая химия и вся наука Запада также подверглись атаке. Пропагандировался возврат к историческим заслугам русской науки. Атакующие настаивали на всеобщем признании их собственных теорий. Эти теории, однако, как было показано, во многом представляли собой бесполезную бессмыслицу. Однако все участники совещания старательно отмежевывались от теории резонанса. Временами самокритика некоторых превосходных ученых становилась крайне унизительной.

Характерным для атмосферы совещания был такой эпизод: философ Б. М. Кедров объявил Шредингера представителем современного «физического» идеализма, что делало Шредингера единомышленником Полинга. Более того, он заявил, что принцип суперпозиции Дирака — идеалистический, как и принцип дополнительности Гейзенберга, и даже более идеалистичен, чем теория резонанса Полинга.

Писатель В. Е. Львов критиковал отчет за серьезную политическую ошибку, а именно за то, что в нем ставился знак равенства между сторонниками теории резонанса и крупнейшими учеными. Советской печатью и советским обществом эти сторонники были разоблачены как представители англо-американской буржуазной псевдонауки. Согласно Львову отчет был нечетким в отношении главного пункта идеологической борьбы, происходившей в теоретической химии. Львов указывал в качестве положительного примера критику Менделя со стороны Т. Д. Лысенко, который доказывал, что работы Менделя не имеют ничего общего с научной биологией. К тому же Львов свирепо набрасывался на теории Гейзенберга, а также Гайтлера и Лондона. Он отрицал, что взгляд на квантовую механику, представленный в отчете, является развитием учения Бутлерова. Наиболее важная политическая задача советской химии, по его мнению, состояла в том, чтобы добиться изоляции и капитуляции незначительных групп нераскаявшихся сторонников идеологии резонанса.

Последняя часть стенограммы совещания представляла собой особое мнение в форме короткого письма члена Украинской Академии наук Е. А. Шилова. Он критиковал отчет и резолюцию совещания за чрезмерное внимание к прошлому в ущерб будущему. Он предлагал сосредоточиться на новых результатах и новых учениях вместо того, чтобы вести

схоластические дебаты по вопросам типа «Где кончается резонанс?» или «Чем „здоровая" мезомерия советских авторов отличается от „порочной" мезомерии Ингольда?», а также «Могут ли идеальные структуры считаться вместе с тем реальными?». Результатом прекращения таких дебатов, — добавлял Шилов, — было бы сохранение сил и времени советских химиков-органиков для ценной и продуктивной работы. Это заявление профессора Шилова не было представлено на совещании в качестве устного сообщения.

* * *

Значение Московского совещания можно оценивать на разных уровнях. С одной стороны, эти стенограммы говорят сами за себя и дают превосходную иллюстрацию оруэловского «двойного» языка, но даже «1984» Джорджа Оруэлла бледнеет в сравнении с этим. Они показывают также страх советской политической системы перед всем, что шло с Запада, даже если это была всего-навсего химическая теория. Заключения теории резонанса предстают преувеличенными сверх всякой меры, а сделанные выводы отражают атмосферу инсценированного судилища, а вовсе не научной дискуссии. Есть химики, которым не нравится описание молекулярной структуры в виде ряда резонансных структур. Ужасает и смущает то, что эта антипатия была превращена в официальную догму с философским обоснованием. Однако историю резонанса не следует рассматривать в отрыве от прочих сторон советской жизни в начале пятидесятых годов, в последние годы сталинского режима. Лично мне наиболее красноречивым кажется вопрос, адресованный М. Е. Дяткиной: «Чем вы объясняете такую хорошую осведомленность об учении зарубежных ученых? Может быть, вы вместе с профессором Сыркиным сознательно раболепствовали перед зарубежными учеными?»

Согласно другой оценке, Московское совещание имело определенное положительное значение. Оно руководствовалось здоровым механизмом самосохранения высших эшелонов советского химического сообщества. Вместо того, чтобы допустить жесткое внешнее вмешательство и быть сокрушенным, как это случилось в некоторых других областях науки, это сообщество пошло на мягкую чистку, а заодно выставило на посмешище и выставило из своих рядов псевдонаучных экстремистов, наиболее громогласным представителем которых был профессор Челинцев. Правда, некоторые при этом потеряли работу, но не жизни, как в менее «удачливых» областях науки, переживших научные дискуссии.

Дискуссия о резонансе в советской химии могла иметь длительные отрицательные последствия. Многие талантливые молодые ученые в Советском Союзе могли бы на десятилетия оказаться вне теоретической химии, если не вне химии вообще. Это стало областью, идти в которую не хотелось. Об этом упоминает Роальд Хофман в своем интервью в этой книге.

В ответе Полинга на мой вопрос о неприятии резонанса в советской химии проблема в целом выглядит вполне невинной. Скорее всего, это

следствие его великодушия, которое проявляется через миого лет. Мне трудио представить себе, что он ие следил за событиями в Москве в 1950 г. с бóльшим и иеравиодушиым интересом, чем это обиаруживает его ответ. С другой стороны, ои и в самом деле мог зиать гораздо меиьше о проблемах с коицепцией электроотрицательиости в советской химии. Эти проблемы разрешились в середиие 60-х гг., когда советская иаука стала меиьше завнсеть от руководящих указаиий. Кроме того, к тому времеии критицизм Лайнуса Полинга был прнглушен тем, что его широко известиая деятельиость в защиту мира получила высокую оценку советских политиков.

Эрвин Чаргафф, 1994 г.
(фото И. Харгиттаи)

3

Эрвин Чаргафф (Erwin Chargaff)

Эрвин Чаргафф (родился в 1905 г. в Черновицах, Австро-Венгрия, ныне Черновцы, Украина; умер в 2002 г. в Нью-Йорке) — Заслуженный профессор биохимии Колумбийского университета[1]. Его выдающийся научный вклад предопределил наше понимание нуклеиновых кислот и их роли в генетике. Согласно принципу, теперь известному как правило Чаргаффа, ДНК содержит равное число адениновых и тиминовых, а также равное число гуаниновых и цитозиновых остатков. Чаргафф учился в Австрии, докторскую степень получил в Венском университете. Он был профессором, а затем председателем биохимического факультета[2] в Колледже врачей и хирургов Колумбийского университета Нью-Йорка.

Доктор Чаргафф удостоен многочисленных почетных наград и премий, включая медаль Пастера (Париж, 1949), медаль Карла Нейбер-

[1] Многие собеседники автора книги — обладатели почетного титула Professor Emeritus, который мы переводим как Заслуженный профессор. Это звание присваивается выходящим в отставку профессорам в знак признания их заслуг и предполагает сохранение за ними ряда привилегий. — *Прим. пер.*

[2] В университетах США и Европы существуют должности Assistent Professor, Associated Professor, Professor, приблизительно соответствующие должностям ассистента, доцента и профессора в российских вузах. Когда звание профессора указывается без эпитета, то подразумевается, что это full Professor (полный профессор). Существует также должность и звание Chairman of Department (председателя факультета), приблизительно соответствующее должности декана факультета в России. — *Прим. пер.*

га (1958), медаль Грегора Менделя (Галле, 1968), премию Чарльза Леопольда Майера (Французская академия наук, 1963), премию Х. П. Хейнекена (Королевская Нидерландская академия иаук, 1973), Национальную медаль науки США (1975), премию Иоганна-Генриха Мерка от Немецкой академии языка и литературы (1984). Он был членом Национальной академии наук США, членом Американской академии искусств и наук, членом Американского философского общества и Немецкой академии наук, а также многих других научных обществ. Наш разговор происходил в ноябре 1994 г. в доме Чаргаффов на Сентрал Парк Уэст в Нью-Йорке. Впервые эта беседа была опубликована в Химическом собеседнике[3)].

Недовно я обноружил в одном монхэттенском могозине нобор открыток-поздровлений с днем рождения. Том было специольноя открытко но кождый день года, перечислялись некоторые имена ноиболее зночительных людей, которые родились именно в этот день. Среди тех, кто был перечислен но открытке, соответствующей моему дню рождения, я увидел только одно имя — Эрвин Чоргафф. Похоже, токоя открытко — знок немеркнущей популярности. С другой стороны, я зною, что Воши труды в последнее время все чоще появляются но немецком языке, гороздо чоще, чем но онглийском, потому что в Америке число желоющих Вос читоть становится все меньше.

Америкаиское химическое общество опубликовало калеидарь, в котором имеются даты рождеиия тех, кого оии считают знамеиитыми учеиыми. И мое имя там обиаруживается в соответствующий деиь — 11 августа. Я всегда гораздо лучше ладил с коллегами-химиками, чем с коллегами-биологами, потому что часто подчеркивал важиость химии. Это особеиио справедливо сейчас, когда так миого людей, которые иикогда ие штудировали химию (в особеииости обладатели степеии M. D.[4)]), сосредоточились иа том, что оии иазывают молекуляриой биологией, а я все еще иазываю биохимией. Важио, чтобы уцелело правильиое представлеиие о том, чем химия в действительиости была, чем оиа может быть и чем является. Лайиус Полииг — это блестящий пример. Но о химии часто плохо говорили в печати, иапример, ее пытались связать с отравляющими газами или с отравлеиием почвы и воды. Одиако большииство химиков в этом совершеиио ие повииины. Это виив химической промышлеииости, которая использовала или, иаоборот, игиорировала химические открытия. Химики всего лишь кое-чему иаучились у природы, а природа, коиечио, — величайший химик. В отличие от других учеиых химики ие пытались

[3)] The Chemical Intelligencer. 1998, *4* (1), 4–9, 1998, Springer-Verlag, New York, Inc.

[4)] В европейской и американской академической системе необходимым этапом научной карьеры в области естествознания является подготовка и защита диссертации, дающая право на звание доктора философии (Ph. D.) по химии, по физике и т. д. или доктора медицины (M. D.) Уровень этих диссертаций в среднем несколько выше, чем уровень кандидатских диссертаций в России, но существенно ниже уровня российских докторских диссертаций. Во избежание терминологической путаницы здесь и дальше мы обозначаем степень доктора философии и доктора медицины аббревиатурами Ph. D. и M. D., как это принято в англоязычной литературе. — *Прим. пер.*

улучшить природу. Химия — скорее описательная наука, чем проникающая в суть вещей или агрессивная, и я предпочитаю описательные науки.

Причина, почему я перестал публиковаться на английском, очень проста: потому, что я не могу найти издателя. Смешная вещь: мы живем в стране, где реализована величайшая среди всех демократий и нет черных списков, но, если вы посмотрите повнимательней, то вы увидите, что некоторые люди здесь не пользуются расположеннем (не являются *persona grata*). Мое параноическое видение мира подсказывает мне, что к числу таких персон я как раз и отношусь. Когда я написал «Гераклитов огонь», я стал подыскивать себе издателя, но некоторые не захотелн даже принять меня, хотя я уже был членом Национальной академии и т. д. и т. п. Наконец, я обратился к одному очень маленькому университетскому издательству, где и был очень хорошо принят. Издательство Рокфеллерского университета опубликовало эту книгу в 1978 г. С «Серьезными вопросами» — это собрание эссе — у меня тоже были трудности. Для меня это непросто, потому что я старый, нетерпеливый, легко выхожу из себя; я часто падаю духом, меня мучает бессонница. Всего этого не было, когда я был моложе. В конце концов, я сказал: «Черт с ним! На немецком я пишу, по крайней мере, не хуже, попробую писать на немецком». После этого я опубликовал на немецком языке двенадцать книг, и тринадцатая — в печати. У этих книг есть свой круг читателей, огромная читательская почта. Так что я это продолжаю. Я прекратил печататься на английском не из чувства озлобленности. Я люблю английский язык — это мой третий язык. Я начинал с немецкого, потом перешел на французский и только, когда мне было 17 илн 18, в Вене начал пользоваться английским. Я восхищаюсь английским, это великий язык. В нем есть некоторые недостатки: это язык, который звучит дурно, с безумным произношением и безумным правописанием. С другой стороны, это очень удобный язык: плохо писать и говорить на английском легче, чем на других языках, и это — важное преимущество.

Кагдо Вы впервые приехали в Саединенные Штаты?

В 1928 г. после получения степени Ph. D. по химии в Вене. Мне было 23 года. Я стал стажером в Йельском университете и работал с Рудольфом Андерсоном. Это продолжалось два года. Я занимался химией туберкулезной бациллы — Андерсон был главой этого направления в то время. Мы работали с множеством культур (десятками литров сразу).

Никто не заразился?

Насколько я знаю, нет. Работа велась не на мнкробиологическом уровне, в те времена ее выполняли химики.

Что было после Вошей двухлетней стажиравки?

Я получил предложение стать ассистентом в Университете Дьюк, Северная Каролина, но с условнем, что я буду заниматься табаком, поскольку финансирование шло от табачной промышленности. Хотя я много курил, я не хотел посвящать всю свою жизнь табаку — я думал и о другом.

Вы до сих пор курите?

Эрвин Чаргафф в 1931 г. (предоставлено Эрвином Чаргаффом)

О да. Я всегда много курил. Я думал даже, что если останусь без денег, то наймусь рекламировать табачные изделил. Я курил сигары, сигареты, трубку. Я не боюсь и даже ие опасаюсь всерьез. Вероятио, есть некоторая опасиость в табаке, но оиа появилась лишь тогда, когда американская табачиая промышлениость стала делать сигареты с различиыми добавками. Я хотел бы знать, имеется ли статистика за прошлый век, когда люди в осиовиом курили египетский и турецкий табак. Америка — это страна кампаний, кампаиии в исй проводят по всякому поводу. Если уж мы сходим от чего-иибудь с ума, то доводим это до полиого ужаса. Сухой закон был типичиым примером. Коисчно, алкоголь опасен, если вы им злоупотребллете. Первый раз я приехал в Соедииеииыс Штаты в самый пик действия сухого закоиа. Можно было видеть воочию, как происходили преступлеиия из-за того, что иа людей оказывалось этическое давление с тем, чтобы оии пили иевиииые коктейли. Невозможно было ие заметить бутлегеров и мафиози на улицах Нью-Йорка, и купить алкоголь было легче, чем когда бы то ии было.

Эрвин Чаргафф в конце 1940-х гг. (предоставлено Эрвином Чаргаффом)

Вы вернулись после этого в Вену?

Да, я отклонил предложсние стать ассистеиом в Университете Дьюк и вериулся в Вену. К тому времсии я уже женился. Моя жеиа тоже изучала химию, оиа приступила к занятиям иа два года позже меия, но ие закоичила свое обучение. Мы встретились в Веиском университете и поженились в Нью-Йорке в 1929 г. Слава Богу, мы до сих пор вместе. После моего возвращеиия в Веиу, я отправился в Берлии и поступил на работу в химическую лабораторию Ииститута гигиены и бактсриологии при Берлиисском уииверситете.

Я встретил там микробиолога Юлиуса Хирша. Он знал нашу работу о туберкулезных бациллах, и это было замечательной рекомендацией. Доктор Хирш организовал мою работу с главой факультета Мартином Ганом, одним из авторов знаменитого труда Бухнера и Гана о дрожжах 1890 г. Он назначил мне жалование от Немецко-австрийского исследовательского общества и еще некоторые дополнительные деньги от Университета. Я оставался там, пока к власти не пришел Гитлер. Через два месяца после этого я оказался в Париже. Мы с женой были евреями, но у нас были австрийские паспорта, и это было чудесно. Муссолини и Гитлер в то время еще не дружили, и Муссолини хотел прибрать к рукам Австрию. Я помню 1 апреля 1933 г. — день знаменитого бойкота, когда мне надо было пойти в Государственную библиотеку что-то посмотреть. Я был остановлен у входа двумя мускулистыми студентами, которые спросили меня: «Вы еврей, коллега?» Я отвечал, что я даже лучше, я — австриец.

Вы не собирались вазвращаться в Вену?

Никто-никто никогда не мог найти в Вене работу, соответствующую его достоинствам.

Разве Вы не абдумывали сваи шансы найти рабату перед тем, как выбрать профессию?

Наоборот, я относился к этому очень тщательно. Я интересовался языками, историей, историей культуры, философией, самыми разными вещами. Я заботился и о том, чтобы иметь возможность помогать родителям и, конечно, обеспечивать самого себя. Мне было ясно, что физику трудно найти работу, а к математике у меня не было достаточных способностей. Химия, — сказал я себе, — единственная известная мне профессия, занимаясь которой я уже в возрасте 23 лет смогу себя обеспечивать. При этом, конечно, я имел в виду не только Австрию, но и Германию.

Сначала я учился одновременно в Университете и в Техническом университете. Занимался химией в Техническом университете и в то же время лингвистикой в Университете. По прошествии года я осознал, что это слишком много для меня — успевать сразу в двух местах, и я отдал предпочтение химии. В конечном счете, темой моей диссертации стали органические комплексы серебра. Моим спонсором был Фриц Файгль. Биохимия в те давние времена еще только зарождалась. Мы больше занимались медицинской химией — диагностическими пробами, анализами мочи. Хотя я пошел в химию, чтобы иметь заработок, она мне по-настоящему понравилась во время моей учебы и работы. Дома я мог найти химию только в словаре. Мой отец работал в банке заместителем директора.

Выходцы из таких горадов, как Вена и Будапешт, нередка станавились великими учеными, на ани, вазмажна, не смагли бы стать великими, если бы астались в этих гарадах.

Это правда, но в то время я был слишком молодым, чтобы думать о величии. Я думал только о том, где бы найти сосиску на следующий

день. Покинув Берлин в апреле 1933 г., я все еще оставался ассистентом, и потерял это место лишь летом, когда стали выгонять государственных служащих. Я был, таким образом, уволен через 4–5 месяцев после того, как уехал.

То, что я смог убраться из Берлина так быстро — через два месяца после прихода Гитлера — и притом мне была обещана работа в Париже, произошло благодаря счастливому совпадению. В Бактериологическом институте Берлинского университета я начал работать с бактерией дифтерии. Эти результаты были опубликованы в *Журнале физиологической химии* после того, как я покинул Германию. Я не собирался снова заниматься туберкулезной бациллой, но обстоятельства подтолкнули меня к этому.

А. Л. Ш. Кальмет (1863–1933), французский бактериолог, на советской почтовой марке

В то время медицинское сообщество в Германии было очень возбуждено приближающимся процессом в Любекс. В детской больнице этого северного города очень большое количество детей умерло после прививки БКГ (BCG, бацилла Кальмета—Герена). Эта была культура туберкулезной бациллы, созданная в Пастеровском институте этими двумя французскими бактериологами. Различаются три главных штамма туберкулезной бациллы, в зависимости от того, для кого они являются вирулентными: человеческий, бычий и птичий. Вакцина БКГ сначала была получена из *бычьей* туберкулезной бациллы путем специальной обработки культуры: был разработан сложный процесс, ослабляющий вирулентность вплоть до ее исчезновения. В то время это была очень широко используемая вакцина. Учитывая отравленную нацизмом атмосферу, которая преобладала в Германии в начале 30-х гг., следовало ожидать, что любекская катастрофа еще более усилит антифранцузскую и нацистскую пропаганду, особенно потому, что некоторые врачи, вовлеченные в процесс, были евреями.

Мой шеф, Мартин Ган, должен был выступить экспертом на приближающемся процессе. Он пришел ко мне и сказал: «Доктор Чаргафф, не могли бы Вы подумать и помочь мне сформулировать пристойное научное заключение?» Я предложил провести тщательное сравнение проб, взятых у любекских жертв, и аутентичных вирулентных штаммов, в том числе из вакцины БКГ. Результаты, опубликованные позже в «Биохимическом журнале» (*Biochem. Z.* 1932, 255, 319), убедительно показали, что штаммы, выделенные из патологического материала, очень походили на человеческий штамм, но не на вакцину БКГ. Как выяснилось, произошло следующее. Склянки ассистента больницы, проводившего исследования различных туберкулезных бацилл, находились на одной из полок

термостатнрованиого шкафа. А иа другой полке лаборант храннл вакцину БКГ, которая использовалась для прнвивок. Каким-то образом колбочки перепутались, н это привело к смертн детей.

Так или иначе, Кальмет, заместнтель директора Пастеровского института, был очеиь доволен этими результатамн, н когда в 1933 г. пришла нацнстская чума, он прислал мие приглашенне в Пастеровскнй нnститут в Париже. Он должен был догадаться, даже ннчего ие зиая обо мие, как счастлнв я был покннуть Германию.

Вот так 15 апреля 1933 г. мы оказались в поезде, иаправлявшемся в Париж. Впрочем, мне не повезло в отиошеиии условий лабораторной работы. Я прнвык работать с лучшнми хнмическими реактнвамн, н Пастеровский нnститут мне, как хнмику, в то время ие иравился. Но с тех пор ои зиачительно улучшился. Микроскопия и бактернологня и прежде былн замечательнымн, а уровеиь хнмнческих исследоваиий был иевысокнм. Я хотел работать с полнсахарндами бактерий, а ие с жирами. О роли сахаров в то время ничего ие было известио. Однако очеиь скоро оказалось, что мие иужио покииуть Париж. Это случилось во время начала фашнстскнх беспорядков. В конце коицов, осеиью 34-го года я оказался в Нью-Йорке. Сначала я обратился в Больиицу Горы Сииай, поскольку там создалн фонд для ученых-бежеицев. Мие предложили времеииое место, н я мог в течение несколькнх месяцев подыскивать себе работу. К тому времени у меия появнлось еще иесколько статей, поскольку я готовился к вступлению в новую должиость в Берлине. Так случнлось, что летом 1933 г. я был произведен в приват-доцеиты н уволеи одиовремеино, но тогда я уже был в Парнже. Моя работа была представлеиа в Берлиие ровио через неделю после того, как Гитлер пришел к власти. Тогда, до поры до времени, миогие вещи шли своим чередом, потому что даже нацн нуждалнсь в иекотором инкубационном периоде.

Вы возвращолись после этого в Берлин?

Возвращался дважды. В 1973 г. я посетнл и Западиый, и Восточиый Берлии. Я прнезжал, чтобы отправиться в Галле за медалью Меиделя, которую мие прнсудила старейшая тамошияя Академия Наук — Леопольдиина.

Когда Вы уехали в Нью-Йорк в 1934 г., Вы оставили семью в Вене?

Мой отец умер раиьше, чем наци добралнсь до Веиы. А мать была отправлеиа иемцами в Польшу н убита. Я безуспешно пытался забрать ее из Австрии и переправить в Амернку. Хорошо известно, что амернканский коисул в Веие был иацнстом. Матери было 65, у иее был больиой глаз. Коисул послал ее к нацнстскому доктору, который заявил, что у иее трахома, очеиь опасиая глазиая болезнь, и консул сразу же отказался принять ее. Я упорио боролся, пошел к крупнейшему офтальмологу в Нью-Йорке. Ои запросил иифолмацню н дал экспертиое заключеиие, что болезиь ие заразиая, ио все это не убедило амернкаиского коисула. Потом оиа была депортироваиа. Все мои киmги остались в иашей квартире и пропалн иавсегда. У меия еще была сестра, которую я смог вызволить в 1938 г. Я слышал, что действия америкаиского консула в Вене были

характерными для того времени, и то, что случилось с моей матерью, произошло со многими людьми.

Возвращались ли Вы в Вену после войны?

Да, много раз. Впервые это случилось в 1958 г., когда я участвовал в биохимической конференции и был приглашен прочесть вступительную лекцию. Я люблю Вену, но с оговорками. Я хочу сказать, что без немцев австрийцы никогда не стали бы злобными. Они всегда были антисемитами, но никогда не могли бы создать Терезиенштадт, уже не говоря об Аушвице. Они приятные, неорганизованные, но они не творят убийства в промышленных масштабах.

Перейдем теперь к совсем другому вопросу. Очень многим молодым ученым, начинающим в наше время научную карьеру обычно в должности ассистента, очень трудно найти финансовую поддержку. Что Вы думаете об этой проблеме?

Эта история начинается с Гумбольдта, который основал Берлинский университет, установив, что обучение в нем должно обязательно сочетаться с научной работой. Исследовательский университет был создан во времена Наполеона. Первый такой университет был в Берлине или, может быть, несколько раньше — в Гисене, где главным действующим лицом был Либих. Диссертация на степень Ph. D. как таковая возникла вследствие того, что все, включая студентов, должны были заниматься исследованиями. Американцы приняли эту модель несколько бездумно и утвердились в том, что единственный способ расти в университете состоит в том, чтобы в известной мере преподавать и одновременно вести исследования. Это трудно для человека, который не имеет сотрудников и аспирантов. Если вы профессор, вы можете преподавать, потому что другие люди делают для вас эксперименты. У вас 6–8 аспирантов и 2–3 постдока[5]. Положение ассистента существенно иное, и ему приходится разрываться на части. Я не знаю, есть ли какое-либо средство, но чувствую, что в настоящее время нам нужно противоположное — уменьшение производства исследователей. Следовало бы поддерживать здоровую пропорцию. Когда я был в Германии в начале 30-х гг., там был хороший баланс. Большинство новоиспеченных докторов шли в химическую промышленность, и только малая часть оставалась в университетах. Если не говорить о политической ситуации, антисемитизме, инфляции, плохой экономике, баланс действительно был неплохим.

Как они решали, кто должен получать поддержку?

Очень по-разному. Они не верили в экспертные оценки, и я с этим согласен. Могу рассказать Вам о моем случае. Мартин Ган сказал мне, что, если я хочу увеличить свой заработок, я должен написать заявку на грант в Немецкое общество помощи нуждающимся. Тогда кое-что добавится к моим доходам, и я смогу покупать реактивы и т. п. Я представил заявку

[5] См. примечание на с. 43.

и получил письменное приглашение явиться для разговора (и это было невероятно!) с главой Немецкого общества помощи нуждающимся, который даже не был ученым-естествоиспытателем. Его имя было Шмидт-Отт, он был востоковед. Меня ввели в кабинет Его Превосходительства. Он предложил мне сесть. Мы стали разговаривать о книгах, которые я читал в то время. Потом он спросил меня о моих планах, и я рассказал ему, что написал проект, касающейся моей работы по полисахаридам туберкулезной бациллы и т. д. Он спросил, что такое полисахариды. Я объяснил, и тогда он сказал, что скоро я получу от него сообщение. Через три дня у меня был грант. Это не так глупо, как может показаться. Если этим занимаются дельные люди, им не надо на это слишком много времени. По-моему, это ерунда, когда один проект называют стоящим, а другой нестоящим. Большинство проектов наполовину стоящие, наполовину нестоящие, потому что это заранее неизвестно, и даже если проект хороший, он может не сработать. Поэтому экспертиза полностью бесполезна за исключением того, что является фильтром, осуществляемым опытными людьми.

Я думаю, что гораздо важнее оценить общий стиль, ход мысли претендента, чем решать, является ли распрекрасной поставленная задача. Только в руках очень удачливых и одаренных исследователей задачи действительно оказываются изумительными. А эти руки вы не можете увидеть в проекте.

Давайте немного поговорим о Ваших исследованиях. Было ли спаривание оснований Вашим главным научным достижением?

Да, было.

Вы чувствовали это в то время?

Да, я чувствовал. Меня часто спрашивают о двойной спирали, а спаривание оснований как раз относится к этому. В некотором смысле двойная спираль — это трюк, потому что нет доказательств, что она существует в организме. Она обнаруживается лишь на рентгенограммах. Что было важно в работе Крика и Уотсона? То, что они предложили нечто *сдвоенное*. Спиральная форма не так уж важна. Спаривание оснований — по-видимому, новый закон природы, о котором до того и не помышляли, потому что ни аминокислоты, ни жирные кислоты не обнаруживают такого сродства, такого стерического соответствия. Поэтому я всегда говорю: из трех правил Чаргаффа, как их называют, важнейшим является то, которое утверждает, что шесть аминогрупп соответствуют шести оксогруппам. Это верно не только для исходной ДНК, но и для каждой из ее отдельных нитей, тогда как другие правила для нитей несправедливы. И это важнейшее правило выполняется и для РНК в организме. Мы это опубликовали, но никто не заметил, ни на кого это не подействовало. Мои последние несколько статей можно было изъять перед публикацией.

Почему?

Эрвин Чаргафф в 1980 г. (предоставлено Эрвином Чаргаффом)

Не знаю почему. Может быть, потому что я старик. Кроме того, Крик и Уотсон подняли страшный шум. Это была рекламная кампания. Я действительно думаю, что открытое нами спаривание оснований — это нечто большее, чем вопрос о структуре ДНК. Мы старались показать, что это спаривание так же важно и в совершенно иных случаях. Аденозинтрифосфат (АТФ) оказывает определенное действие на активацию энзимов, переносящих фосфатные группы. Это замечательные системы. Мы показали, что при добавлении политимидина к такой системе АТФ подавляется. Иными словами, тимин захватывает аденозин АТФ-системы. Мы опубликовали эти наблюдения в «Proceedings of the National Academy», но не было никакого отклика. Мы выполнили также хорошую работу по коагуляции крови, работали с гидроксиаминокислотами и другими. Я никогда не занимался одним-единственным делом. Это по преимуществу были диссертационные работы аспирантов в Колумбийском университете, а они могли заниматься тем, что им больше всего нравилось. Так что я работал во многих областях.

Эрвин Чаргафф и Магдолна Харгиттаи в 1998 г. (фото И. Харгиттаи)

Кто поддерживал Ваши исследования?

Я получал деньги от Национального научного фонда, от Национальных институтов здоровья, иногда от Мерка, от Хоффман-Ларош.

Вы ведь еще и литератор. Принимаете ли Вы участие в жизни литературного сообщества здесь в Нью-Йорке?

Нет.

Считаете ли Вы, что ученые и писатели могут легко понимать друг друга?

Нет, я так не думаю, но, возможно, это характерно для Америки. Я как раз сейчас читаю письма Кафки к его невесте, которая так и не стала его женой. Он не был особенно склонен к интеллектуальному общению, ведь он был необычным человеком. Но можно видеть, как много всего происходит и с кем он встречается и т.д. в Праге того времени. Может быть, сейчас там уже все не так, это относится к докоммунистическому времени.

Не вытекает ли из этого, что Вы ощущаете ностальгию по тому, что уже не существует?

О да, конечно, я знаю Европу очень хорошо. В течение тридцати лет мы имели обыкновение отдыхать летом в Швейцарии. И не только сидели в горах, но обычно бродили и по городам, читали швейцарские и немецкие газеты. Конечно, Вы правы, произошло то, что я называю прогрессивной *американизацией* Европы. Но в ухудшении, конечно, виноваты сами европейцы. Если за спиной 12 лет нацизма, а потом коммунизма, этого более чем достаточно. В последнее время повсеместно появилась новая потребительская идеология. Человек — это потребитель. Касается ли это работы в искусстве или в науке, все должно быть потребляемым, должно каким-то образом усваиваться. Вот поэтому Рембо и Кафка должны были стать самоубийцами.

Не думаете ли Вы, что большое число европейцев, переехавших в Соединенные Штаты, как Вы, также должны были производить эффект «европеизации»?

Нет, как раз наоборот. Европейцы изменились. И я один из немногих, кто еще говорит на языке матери. Я до сих пор говорю по-немецки лучше, чем по-английски. Конечно, я сужу по студентам, с которыми более всего общался, но обычно американцы имеют прямолинейное мышление. Они могут быть очень хороши, но только в чем-нибудь одном. Однако, говоря об Америке, я уже не раз заявлял, особенно когда я произношу какие-нибудь недружественные слова об этой стране, что нет другого места, где я предпочел бы жить.

У Вас есть дети?

Один сын. Он работает следователем в полиции и живет в Лос-Анджелесе. Он получил степень магистра по администрированию, а потом ушел в полицию.

Вы гаварили мне а там, что пакуете сваи книги.

Да, в офисе. У меия в Колумбийском университете был очень большой офис, ио после ухода иа пенсию я должен был переехать в меньший. Поэтому я отобрал лучшее, что есть в моей библиотеке, но и это составило около четырех тысяч томов. Теперь меня выгоняют потому, что я слишком стар. Я получил письмо о том, что должеи выехать в течение двух месяцев.

Чта Вы собираетесь теперь делать с этими четырьмя тысячами книг?

Я отправлю их в Веиу, в Национальиую библиотеку. Все киИги, которые Вы видели в моем доме, тоже отправятся в Вену после моей смерти. Я ие хочу, чтобы киИги были выброшеиы, как старый хлам. Здесь они пойдут в печь. Поймите правильио мой поступок. Не Вена — моя любовь, моя любовь — эти книги. Их следует сохранить, потому что, если идиот читает хорошую киигу, ои, может быть, стаиет меиьшим идиотом. У меия есть хорошая коллекция книг, которые я прочел иа разиых языках — на немецком, английском, французском, итальянском, русском. Моя жеиа и я изучали и русский тоже и прочли всю классику в оригииалах. Мы иачали это около 1950 г., и мы все еще читаем.

Как Вы нахадите время на все?

Я иахожу время на все. Кроме того, меия всегда было иетрудио вытащить из лаборатории. Наука была моим хобби, замечательиым хобби, ио этого было недостаточио, чтобы заполиить всю мою жизиь.

Цитаты из Чаргаффа

Я составил зту подборку нз трех книг Эрвина Чаргаффа и в августе 1998 г. заручнлся его любезным одобрвнивм. [В скобках даны номера страниц.]

Эрвнн Чаргафф. Голоса в лабиринте: природа, человек, наука

Erwin Chargaff. Voices in the Labyrinth: Nature, Man and Science. New York: The Seabury Press, 1977.

Степень доктора философии (Ph. D.) — это по сути дела лицензия на право прнступить к дисквалификации [2].

Хнмикам не нужно беспокоиться по поводу соцнологии молекул [5].

Клетка — это больше, чем химнческая трущоба [5].

Наука удивительно подготовлена к ответу на вопрос «как?», но она оказывается в замешательстве, когда ее спрашивают «почему?» [8].

За редкими исключениями не люди делают науку, а наука делает людей [12].

Во всяком научном исследовании путь значит больше, чем цель [17].

Всякий первопроходец в то же время (*eo ipso*) и аутсайдер [18].

В естественных науках непрнзнанные геннн остаются неизвестными навсегда; у них нет потомства [19].

Мы можем объяснить все, но понимаем только очень немногое [21].

В науке не так важно, кто сказал первое слово, важно, кто сказал последнее [24].

Для ученого природа подобна зеркалу, которое разбивается каждые тридцать лет. А кому нужны осколки прошедших времен? [24].

Естествознанне яростно пншет вторые тома, прн том, что не существует нн первых, нн последних томов [26].

В итоге мы знаем почти все почти ни о чем [26].

Человечество обладает чудовищной способностью игнорировать непонятное [31].

Мы очеловечиваем вещи и превращаем в вещи людей [31].

Каждое великое научно-техническое достижение необратимо уменьшает соприкосновение человечества с реальной действительностью [33].

Академики обычно живут своего рода полупаразитической жизнью [41].

Характер вопросов, которые мы задаем, зависит от характера ответов, которые мы хотим получить [43[.

В аду все работают на дьявола [51].

Наука — это средство изучать, а не познавать действительность [52].

Наука, как и другие профессии, не выносит, когда те, кто ею занимаются, не способны узнать хотя бы чуть больше того минимума, который необходим, чтобы функционировать правильно [53].

Крайняя неприязнь и в связи с этим равнодушие к химии, которое я часто встречал у «молекулярных биологов», поистине озадачивает [57].

В гнилом обществе даже святые попахивают гнильцой [58].

Путь играет бóльшую роль, чем предназначение [60[.

Именно по причине интеллектуальной слабости наше время — это время чрезвычайно сильных утверждений [61].

На свете нет ничего, что не покажется смешным, если рассматривать его слишком долго, особенно, если вы об этом ничего не знаете [65[.

Приобретать знания могут только те, кто их не использует [66–67[.

ДНК может точно предопределить форму и устройство биологического «фортепьяно», но не музыку, которую оно будет играть [72].

В мире мало вещей, которые причиняют биохимику столько же неудобств, как феномен жизни [73].

В биологии Гегель еще не появился [73].

Главный труд ученого еще никогда не был продолжен после его смерти [74].

Никогда не спорь с экспериментом [81].

Полемики редакторы боятся еще больше, чем оригинальности [82].

Научные моды длятся дольше, чем женские, но уступают в этом мужским модам [85].

В науке Оскары не создают тенденции, а следуют им [86].

Классик в науке — это человек, на которого уже можно не ссылаться. Для карманника человек с обширными карманами — это классик [99].

Практнкуюшнй ученый должен знать гораздо больше, чем он может знать. Для искусства незнание — это не беда: Ренуар не должен был увидеть всех обнаженных, нарнсованных до него [149].

Жизнь н все ее функцнн сталн спортнвным зрелищем [151].

Наука стала глазом без головы в безнадежных попытках заполнить дыры зазорами [151].

Эрвин Чаргафф. Гераклитов огонь: наброски из жизни перед лицом природы

Erwin Chargaff. Heraclitean Fire: Sketches from a Life before Nature. New York: The Rockefeller University Press, 1978.

Хороший учитель может воспитать только инакомыслящих ученнков [7].

Язык расставляет людей по своим местам. Это нанболее правдивое отражение возвышения и падения [19].

Учнтсль — это тот, кто может помочь вам найти самого себя [45].

Надеются, что путь, которым мы идем, приведет нас к пониманию, но он ведет нас лишь к объяснению [56].

Часто логичиость «законов прнроды» — это только отражение логнчности метода, нспользованного для их формулировки [57].

Книгн благополучных ученых — это по большей частн отчеты о их карьере (а не о жизни) [62].

Великое противоречие в жизни ученого: за собой он оставляет свой эксперимент, а не свой опыт [79].

Великнх ученых обычно лучше слушать, когда они говорят о том, что они мало знают; когда дело касается их собственной специальности, они обычно говорят долго и скучно [85].

Большинство студентов более не изучают природу: онн лишь испытывают модели [106].

Знание и мудрость — отнюдь не сообщающиеся сосуды, и уровень одного не зависит от уровня второго [110].

Мудрость чаще есть следствие незнания (это не то же самое, что невежество), чем знания [111].

Мы берем от других только то, что уже есть в нас самих [111].

Как н все хорошее в этой жизни, мы начинаем замечать окружающую среду только тогда, когда она начинает портиться [112].

В науке горднева узлов всегда на один больше, чем Александров [116].

Карл Краус (1874–1936) на австрийской марке. Краус был сатириком и полемическим писателем, о котором Чаргафф говорил: «Он оказал глубочайшее влияние на меня в годы моего формирования; его этические учения и взгляды на человечество, на язык, на поэзию никогда не покидали мое сердце. Он сделал меня нетерпимым к банальностям, он научил меня заботиться о словах, как если бы они были маленькими детьми, взвешивать последствия того, что я сказал, как если бы говорил под присягой. В годы моего возмужания он стал для меня своего рода Страшным Судом. Этот апокалиптический писатель... на самом деле был моим единственным учителем». [*Эрвин Чаргафф*. Гераклитов огонь. С. 14]

Большинство наук предсказуемы и большая часть их достижений предсказуема... Мне становится действительно интересно, лишь когда это не так [116].

Если вместо индекса интеллектуальности (IQ) кто-нибудь попробует разработать индекс человечности (HQ), результаты тестирования, я полагаю, будут ошеломительными [120].

Личная заинтересованность в каком-либо научном вопросе давит, когда она усиливается; она ограничивает при углублении [137].

Как это всегда бывает в науке, именно факты затягивают мысли на самое дно моря ненаблюдательности [139].

Определение молекулярной биологии: это практическая биохимия без лицензии [140].

Человек силен лишь тогда, когда он осознает свою слабость [155].

Наука — это попытка узнать правду о тех частях природы, которые поддаются исследованию [156].

Никогда прежде наука не была столь отделена от простого человека, но и он, в свою очередь, никогда не относился к науке с таким подозрением [158].

О биологии. Ни в одной другой науке нет столь большой дистанции между тем, что надо понять, и тем, что можно понять [163].

Необходимо всегда иметь под рукой минимум информации, без которой плодотворные аналогии и даже полностью оригинальные идеи невозможны [164].

Великие научные концепции часто имеют полностью неиндуктивную, фантастическую природу [164].

Мы всегда пичкаем наших студентов наиновейшими сведениями: потерявшие души учат молодых, как им потерять свои [164].

Непредсказуемые ассоциации и свободная игра воображения не менее важны в науке, в *настоящей* науке, чем в литературе [166].

Искусства создают свою собственную правду, тогда как науки предназначены для того, чтобы выявлять правду, скрытую в природе [166].

Надпись над дверью лаборатории гласит: «Здесь не спешат; здесь никогда нет никакой спешки» [167].

Постановка вопроса, например, постановка эксперимента, или имеет полностью случайный характер, или определяется нашими представлениями об изначальной гармонии, но редко мы отдаем себе отчет в том, что эта гармония — договор с Богом, которого Он никогда не подписывал [169].

Я не знаю, можно ли считать, что подобно тому, как каждый человек обладает почти инстинктивным чувством симметрии, он всегда руководствуется столь же первичной потребностью простоты [169].

Стремление к упрощению было одной их интеллектуальных движущих сил развития современной науки [169].

Попытки найти симметрию и простоту в устройстве мира часто приводили к ложным выводам или к поспешным антропоморфным упрощениям [169–70].

Устройство мира видится по-разному: оно простое для простодушных и сложное для проницательных [170].

Идеальное состояние, к которому мы асимптотически приближаемся, состоит в том, чтобы знать все ни о чем [170].

Здание живой природы покоится на двух столпах: во-первых, это единство мира, во-вторых, это его многообразие [170].

Использование большого числа апробированных методов часто служит в современной науке суррогатом мысли [170].

Некоторые надеются на то, что все осколки мира знаний в конце концов сольются в единую картину; но до сих пор такого не бывало, и не похоже, что это случится в будущем, потому что чем более мы дробим наши знания, тем менее способны их интегрировать [170].

Каждые несколько лет методы меняются, и все начинают пользоваться новыми методами и принимают за основу новый набор фактов [171].

Модели — в отличие от тех, которые позировали Ренуару, — с годами улучшаются [171].

Наша неспособность понять реальную жизнь имеет причиной то, что мы живые [172].

Только пессимист может быть хорошим пророком [175].

Даже очень короткий текст, нмеющий какую-нибудь ценность, непереводнм [176].

Весы, стрелка которых не дрожит, не могут взвешнвать [179].

Человек, который не дрожит, не может жить [179].

Карикатуры прошлого становятся портретами настоящего [179].

Большннство людей мудры и приветствуют неизбежное; но я почему-то люблю быть на стороне проигрывающих [181].

Выигрыш и проигрыш — это не то же самое, что хорошее и плохое [181].

Я всегда нскал третью сторону монетки [181].

Ничто из сделанного или рожденного мыслью не пропадает [181].

Главным (в моей борьбе) были донкихотские попытки поддерживать науку с человеческим лицом [182].

Время моей жизни было ознаменовано двумя потрясающимн и судьбоносными научными открытиямн: во-первых — это расщепление атома, во-вторых, возникновение химии наследственности н ее последующнх применений. В обоих случаях речь идет о расщепленни ядра — ядра атома или ядра клетки. И в обоих случаях у меня есть чувство, что наука перешла границу дозволенного. Как это часто бывает в науке, первые открытия были сделаны во всех отношениях замечательными людьмн, но за ними явилась толпа дурно пахнущих личностей [183].

Жизнь — это самая весомая инвестиция нз тех, которые может сделать человек [183].

Эрвнн Чаргафф. Серьезные вопросы: азбука скептических размышлений

Erwin Chargaff. Serious Questions: An ABC of Skeptical Reflections. Basel: Birkhäuser, 1986.

Есть люди, которые время от времени занимаются умственным трудом, поскольку не могут найтн для себя занятия получше [vii].

Каждый, кто достаточно долго прожил, знает, что в конце концов берет верх уравновешенное суждение, суждение, которое дает больше, чем обещает [viii].

Если мир еще можно спасти, он будет спасен любителями [1].

Похоже, смерть — это едннственная человеческая функция, которую не настиг прогресс [3].

Это невероятно — профессиональное объединение любителей [5].

Протест против экспертиых оцеиок усиливается, по мере того как все больше людей начииают поиимать, насколько невежество лучше иеверных и несвоевременных суждений [6].

Заразительна низость, отнюдь не благородство [17].

Книги живут дольше, чем империи [21].

Освещеииая темнота не есть свет [31].

Пылкая вера может быть сильнее истины, но оиа ей не идентична [31].

Те, кто могут громко говорить о своей вере или иеверии, — по большей части обманшики [32].

Язык бессилеи: мы ие можем думать о том, чего ие можем иазвать [34].

Америка рискует стать тоталитарной демократией [51].

Бо́льшую часть из того, что можно сделать, делать не следует [79].

Я предпочитаю поиск истииы обладанию ею [111].

Новейшее более враждебно новому, чем устоявшемуся старому [113].

Сколько было бы на свете книг, если бы каждый автор дал нерушимую клятву быть оригииальным? [117].

Риму не нужно было кричать о том, что он должеи считаться *первым*. Просто он был таковым [118].

Особенность человеческой жизни состоит в том, что, когда встречаются вершины, на которые нельзя подияться, всегда есть возможность опуститься ииже [136].

В отношении создаиий человеческого ума господствующий вкус является ие только тираном и иадсмотршиком рабов, но и зиахарем, делающим аборты [146].

Язык — это величайший дар, пожалованный человечеству [163].

Если вы подозреваете, что непохожи на других, вступайте в ордеи Лосей [1] [165].

Чтение уже не является современным способом поиска информации [178].

Научиые исследования в наше время стали попыткой изменить предиазначеиие человека, отменить то, что было достигнуто за миллионы лет, улучшить сотворенное [186].

Всякий язык столь же ясеи, сколь ясеи используюший его разум [191].

Мы научены страшиться не того, чего опасаются эксперты, а того, чего оии не боятся [223].

Мы — первое поколение, которое осмелилось отдать в залог будущее [224].

[1] The Benevolent & Protective Order of Elks — влиятельная благотворительная и патриотическая организация в США, основанная в 1868 г. — *Прим. пер.*

Фрэнк Вестхеймер (фотоателье Коби-Антупита, предоставлено Фрэиком Вестхеймером)

4

Фрэнк Вестхеймер (Frank Westheimer)

Фрэнк Г. Вестхеймер (родился 1912 г. в Балтиморе), Заслуженный профессор химии Химического факультета Гарвардского университета (Кембридж, штат Массачусетс). Он лолучил степень бакалавра в Дартмутском колледже (1932), степень магистра и докторскую степень (Ph. D.) в Гарвардском университете (1933 и 1935 гг. соответственно); постдокторскую работу выполнял в Колумбийском университете в 1935–1936 гг.[1] В 1936 г. поступил в Университет Чикаго в качестве преподавателя химии и стал полным профессором в 1948 г. Во время Второй мировой войны в 1944–1945 гг. занимался взрывчатыми веществами в лаборатории Национального комитета обороиных исследоваиий. С 1953 г. работает в Гарварде, в 1959–1962 гг. был председателем Химического факультета. В 1964–1966 гг. в Национальной академии наук возглавлял Комиссию ло химии, которая составляла знаменитый Вестхеймеровский отчет.

Доктор Вестхеймер — обладатель миогочисленных наград, среди которых премия Джеймса Флэка Норриса ло физической органической химии (1970), медаль Уилларда Гиббса (1970), медаль Теодора Ричардса (1976), премия ло химическим наукам Национальной академии

[1] Сиетема вьтешего образовання в США включает получение степенн бакалавра (B. A. или B. S., 4 года обучения) и етепени магистра (M. A. или M. S., еще 1–2 года обучения). Продолженне академической карьеры требует подготовки днссертации для получения етепени Ph. D. или M. D. Затем нередко еледует стажировка в качестве «поетдока» (так называют етажеров-иееледователей, которых принимают на времениую работу с целью выполиеиия определеиных исследований поеле получеиия степени Ph. D.). — *Прим. пер.*

наук (1980), премия Розенстила (1981), медаль Николса (1982), премия Роберта Уэлча (1982), премия Коупа (1982), медаль Ингольда (1983), Национальная медаль по науке (1986) и медаль Пристли Американского химического общества (1988). Он — член Национальной академии наук, Американской академии искусств и науки, Амвриканского философского общества и иностранный член Королевского общества (Лондон).

23 июля 1995 г. моя жена и я провели чудесный день на даче у Вестхеймеров в Оулз-Хед (в пвреводе — голова совы) на озере Скузм, Центр Харбор, Нью-Хэмпшир. Ниже приведены выдержки из разговора, записанного в тот день. Это интервью было также опубликовано в «Химическом собеседникв»[2].

Я часта вижу ссылки на написанную Вами главу о росчете стерических эффектав в сбарнике 1956 г. «Стерические эффекты в органической химии», вышедшем пад редакцией М. С. Ньюмена [1]. Является ли эта Вашим наиболее вожным вкладом в химию?

Да, может быть. Это было начало того, что стало известно как *молекулярная механика*. Но я также горжусь несколькими другими проектамн, такнми как работа, в которой Харви Фишер, Бирджит Веннесленд и я изучили прямой и стереоспецифическнй переход водорода в ферментативных реакциях окисления—восстановления. Эта работа открыла и стимулнровала множество нсследованнй, касающихся различнй между энантиотопными атомами водорода и положила начало использованию дейтерня в качестве стереохнмнческого, а не просто химнческого индикатора, в частности в биохимнн. Много позже Эд Торнтон, Аджайб Сингх и я изобрели фотоафинные меткн, которые шнроко нспользовались впоследствин. Мне также очень повезло в работе с Эдом Деннисом, которая показала влнянне псевдовращения Берри на химию фосфатных эфиров. Но я признаю себя виновным в том, что разбрасывался, тратил усилия на слишком большое число проектов, не доведя ни одного из них до нужного развития.

Как Вы стали химикам?

Я поступил в Дартмутский колледж, надеясь пойти в школу бизнеса, а затем принять участие в бизнесе моего отца. Он был бнржевым маклером. Я закончил колледж в 1932 г., самый тяжкий момент депрессии — замечательное время, чтобы стать биржевым маклером. Но я действительно любил науку н на первом курсе написал роднтелям, что хотел бы стать химиком. Онн сели на ближайший поезд, идущий на север из Балтимора, где они жили, и приехали в Хановер. Но они приехали не для того, чтобы отговаривать меня; онн приехали спросить монх преподавателей, было ли это реальным или представляло собой лишь мечтания 19-летнего юношн. Преподаватели сказали моим родителям, что я действнтельно талантлив в хнмнн и что, если я буду трудиться и мне повезет, они не видят прнчнн, почему бы я когда-нибудь не стал зарабатывать 5 000 долл. в год в качестве

[2] *The Chemical Intelligencer* 1996, *2* (2), 4–11, 1996, Springer-Verlag, New York, Inc. В настоящем издании перевод интервью дан с небольшими сокращениями.

химика. Коиечно, с учетом инфляции и изменения цен столько я никогда не зарабатывал; может быть потому, что мало работал. Это было в 1931 г. 5 000 долл. тогда были очеиь хорошие деньги, а мой вынужденный уход на пеисию из Гарварда произошел примерно за год до большого увеличеиия академических зарплат. Я был едииственным сыиом, и мой отец был очень огорчен, что я не продолжил его бизнес, но он никогда не упрекал меия за это. Его единствеииое условие состояло в том, что я должеи напряженно трудиться.

Как случилось, что Вы занялись стерическими эффектами?

Это было сразу после Второй мировой войиы. Перед войиой мне удалось занять должиость младшего сотрудника в Чикагском университете. Во время войиы я работал в лаборатории взрывчатых веществ Национального комитета обороииых исследований в Брустоне, штат Пенсильвания. После войны по возвращении в Чикаго у меня не было иеобходимости продолжать какие-то исследования, у меня ие было аспирантов — нужио было начииать все с иачала. Что мог я делать, притом вполие самостоятельио? Я сел и стал думать, и это было трудным и болезиениым процессом. Я обдумывал идею расчета стерических эффектов из первых принципов и с помощью классической физики с использованием известных значеиий силовых постояииых растяжеиия и изгиба связей и известных значеиий вандерваальсовых констант для межатомного отталкивания. Я примеиил эту идею к расчету эиергии активации для рацемизации оптически активных бифеиилов. Миииимизация энергии модели переходного состояния привела к системе n уравнений с n неизвестиыми, по одному иа каждое растяжеиие или изгиб связи в молекуле. Мне казалось, что для того, чтобы решить эти уравнения, нужно вычислить огромный $n \times n$ детерминант.

По счастью, в конце войны в Чикагский уииверситет пришел Джо Майер. Он и его жена Мария (которая получила Нобелевскую премию в 1963 г.) написали выдающийся труд по статистической механике. Во время войны он работал в Абердине, штат Мэриленд, используя первый в мире цифровой компьютер для расчета артиллерийских траекторий. Может быть, Джо, имея доступ на этот компьютер, мог помочь мие. И я пошел к нему и попросил помощи. Ои ничего не знал об оптически активиых бифенилах. Поэтому я сделал некоторые молекулярные модели и научил его стереохимии, а затем продемоистрировал ему мою математическую разработку — вплоть до детерминанта. Тогда примерио за полчаса он нашел математический прием, позволивший решить мои уравнения, ие прибегая к детерминанту. Вот так началось решеиие реальных задач молекулярной механики. С тех пор это стало большим делом. Оказалось, что моя инстинктивиая тяга к компьютеризации была правильной, поскольку именно это обусловило развитие даиной области.

В историю молекуляриой механики нужно еще включить, — может быть, с этого она и начинается — публикацию Террелла Хилла, в которой был представлеи тот же общий метод, который и я изобрел:

выражение энергии молекул через растяжение связей, искажения углов и вандерваальсово взаимодействие с последующей минимизацией этой энергии. Хилл опубликовал этот метод [2], но без приложений, без «применений на практике». Я не догадывался, что у нас есть конкурент или что кто-нибудь может опубликовать «голую» идею метода. После публикации Хилла я немедленно обработал наши с Майером уже выполненные исследования, теорию *и* ее успешное приложение к определению энергии активации процесса рацемизации оптически активного бифенила, и представил статью к публикации [3].

Работа по прямому и стереспецифичному переходу водорода также связана со стерическими эффектами, но совсем иного рода. Фишер, Веннесленд и я показали, что в энзиматическом окислении этанола алкогольдегидрогеназа может различать два атома водорода в метиленовой группе. Монодейтероэтанол $CH_3-CHD-OH$ содержит два энантиомера и два водородных атома этанола энантиотопны. Предпочтение, которое энзим проявляет к удалению того или другого изотопа в монодейтероэтаноле — это не изотопный эффект; вопрос касается не предпочтительности водорода или дейтерия, а их положения в пространстве. Сейчас это очевидно, но в 1951 г., когда мы стартовали, это была новинка.

Будучи химиком-органиком, Вы входили одно время в редколлегию Журнала химической физики (Journal of Chemical Physics). Интересная комбинация.

Я менял свою специализацию: сначала был наполовину физикохимиком, потом занимался физической органической химией и в конце концов стал биохимиком. Когда я занимал свою первую академическую должность в Чикагском университете, я понял, что моя физическая подготовка недостаточна. Поэтому в 1936–1937 гг. я прослушал курс по электричеству и магнетизму вместе со студентами-физиками, серьезно вникал в это, прорешал все задачи и сдал все экзамены вместе со студентами. Этот курс дал мне почувствовать важность электростатических эффектов в органической химии. Я разыскал статью Бьеррума, в которой он рассчитал отношение между первой и второй константами ионизации в двухосновных кислотах; различие между этими константами обусловлено, главным образом, электростатическим эффектом отрицательного заряда моноаниона, который получается на первой стадии ионизации. Затем изучал статью Эйкена, в которой он проделал аналогичное вычисление электростатического действия диполей, таких как связь углерод—хлор, на ионизацию замещенных кислот. Главная трудность, которая у меня возникла при работе с этими статьями, состояла в том, что Бьеррум в своих расчетах использовал диэлектрическую постоянную воды, равную 80, в то время как Эйкен использовал величину 1, т. е. брал диэлектрическую постоянную пустого пространства. Но ни та, ни другая постоянная не давали хорошего результата. Можно было привести аргументы в пользу и той, и другой величины, но невозможно было принять ни ту, ни другую. Я был очень озадачен и не мог решить эту проблему.

В 1937 г. в Чикагский уииверситет пришел Дж. Г. Кирквуд, который был ассистентом в Кориельском уииверситете, а в Чикаго стал доцеитом. В Кориел он вернулся через год, но уже полиым профсссором. Тот год, который он провел в Чикаго, предоставил мне замечательную возможность. Я просмотрел некоторые статьи Кирквуда по электростатическим эффектам, но ие мог их понять. Когда он приехал в Чикаго в 1937 г., я показал ему свою задачу, которая как раз попадала в сферу его подхода. Ои дал мие книгу Байерли о рядах Фурье и сферических гармоииках и велел мне изучить ее и прийти снова. Теперь так ие бывает: от современных молодых преподавателей и ассистентов требуют получить результаты немедленно. У меия ушел примерио месяц на то, чтобы выучить математику (которую я к стыду своему в осиовиом забыл) и виовь прийти к Кирквуду. Затем мы применили уравиения, которые он перед этим опубликовал (те самые, которые я не понимал), к моей задаче электростатических эффектов в оргаиической химии.

Мы построили модель, в которой размещали заряды или диполи в сфере (или вытяиутом эллипсоиде) с диэлектрической постояиной, равной 2, погружениой в растворитель с диэлектрической постояиной 80. Затем, используя уравнение Кирквуда, мы применили классическую электростатику для учета взаимодействия зарядов. Это, коиечно, очснь грубая модель, но по сравнению с моделью Бьеррума, где заряды размещались прямо в воде, или моделью Эйкена, где не было растворителя, она была достаточно изощрениой. Эта модель замечательио объясияла силу двухосновных кислот и кислот с поляриыми заместителями, и оиа единообразно учитывала вклад и зарядов, и диполей [4]. Это была настоящая физическая химия — как и работа по стерическим эффектам, что объясняет мою деятельность в редколлегии Журиала химической физики. Но я занимался также изученнем механизмов реакций в органической химни и энзимологии, что и предопределило мой путь в биохимию.

Я читал, что Вы были очень активны во время Второй мировой войны.

Я должен был что-иибудь сделать для фронта, это был моральный императив. Это было время Металлургического проекта, который осуществлялся в Чнкагском университете. Никто не знал в точности, что это было, но так или ииаче миогие из нас были знакомы с общей идеей. Кто-то (я забыл, кто именно) спросил меня, ие хочу ли я к этому присоединиться. Я ответил категорическим отказом, ие из-за какого-то моральиого принципа, а потому что проект казался мне диким, абсолютио нереальным. А я хотел чем-нибудь действительно помочь в *той* войие. Поэтому я пошел в лабораторию взрывчатых веществ в Брустоие и заиимался ракетиым топливом. Я виес некоторый вклад в военные технологии, но, к сожалению, он был минимальным.

Много ли было химиков, занимавшихся военными разроботкоми?

Да, немало. Это была преимущсственно «физическая» войиа, и достижеиия физиков, такие как радар и атомиая бомба, хорошо известны,

но в этом деле участвовали и многие химики. Наиболее важным, жизненно важным вкладом химиков была программа по синтетическому каучуку. Соединенные Штаты были полностью отрезаны от природного каучука из Южной и Юго-Восточной Азии и были бы совершенно беспомощны без синтетического каучука. В этой программе было занято множество химиков и много химиков-технологов.

Были и другие вклады химии. Устройство, использованное для взрыва бомбы в Нагасаки, включало в себя капсюли с химическими взрывчатыми веществами. Некоторое значение имели также новые антималярийные средства. В то время был разработан пенициллин.

Что представляло собой Вестхеймеровская комиссия?

В 1960-х гг. Национальная академия наук учредила ряд комиссий для наблюдения за состоянием различных наук в США. Эти комиссии должны были представлять правдивые справки для федерального правительства с целью рекомендаций по финансированию фундаментальных исследований. Первой была комиссия по астрономии, почти одновременно возникли комиссии по физике и по химии, потом была биохимия. Группа, в которую входил я, была приглашена в Вашингтон для обсуждения способа подготовки химического отчета. Я не смог присутствовать, и поэтому, наверно, был избран председателем, хотя, конечно, я предпочел бы надеяться, что мои исследования в разных областях химии тоже могли бы дать основания для этого. Этот отчет иногда называли моим именем, но официально он именовался «Химия: возможности и потребности».

Это была замечательная комиссия с превосходными физикохимиками и органиками, хотя у нас было мало представителей промышленности и совсем не было представителей правительственных лабораторий. Наш отчет имел некоторые особенности, которые отличали его от отчетов по астрономии и физике, и он послужил образцом для последующего отчета по биохимии. Во-первых, наш отчет писался с точки зрения химии, но с позиций национальных интересов. Нация должна поддерживать химию, поскольку химия приносит ей пользу; она должна поддерживать химию с целью улучшения здоровья людей, промышленности, сельского хозяйства, обороны, причем поддержка должна быть достаточной для осуществления этих целей. Отчет отличался также широтой включаемого материала. Многие химики были настроены на ограничение рамок отчета; например, они не хотели включать в него какую бы то ни было биохимию. Биохимики работали с грязными веществами; это была грязная работа, а не чистая химия. Как вы знаете, я выполнял очень аккуратные стереохимические исследования с коферментами и ферментами, так что у меня был совсем другой взгляд. Наш отчет был собирательным и должным образом указывал будущие направления развития нашей науки.

Написание отчета о естествознании — это не естествознание как таковое; это — социология. Но мы старались установить истинно научные стандарты для нашей деятельности. Мы старались подкреплять наши заключения анализом научных статей и цитатами из этих статей. Например,

мы хотели показать, что произошел и продолжается сказочный прогресс оборудования, используемого в химических исследованиях, что делает химию наукой, опирающейся на сложную аппаратуру. Когда я начинал свою дипломную работу, главное различие между нашей лабораторией в Гарварде и лабораторией Эмиля Фишера в Германии в конце XIX в. заключалось в том, что у нас было стекло Пирекс, а у него не было. В 1935 г. у нас не было ничего из столь важного сегодня оборудования: ни ИК-спектроскопии, ни электронной УФ-спектроскопии, конечно, не было ЯМР-спектроскопии, ни бумажной, ни колоночной, ни газовой хроматографии, ни масс-спектрометрии. Фактически ничего из существующей теперь аппаратуры. Мы хотели показать рост использования сложной аппаратуры в химии; для этого мы тщательно рассмотрели публикации некоторых ведущих химических журналов Германии, Британии, России и Соединенных Штатов, выбрав их более или менее случайно, и указали число статей, в которых были представлены исследования с использованием перечисленных приборных методов и процент таких статей. Мы провели такой анализ для нескольких лет, чтобы показать неуклонный рост использования аппаратуры и всемирного характера этого процесса.

Кроме того, мы проанализировали важнейшие химические изобретения, чтобы показать, что их корни находятся в фундаментальных исследованиях. Мы выделили около 20 из наиболее важных промышленных и около 20 из наиболее важных фармацевтических изобретений предыдущего десятилетия, и нашли первые научные статьи, опубликованные в научной литературе, в которых изобретатели описывали свою работу. Эти работы были указаны в подстрочных примечаниях; так что можно было видеть, что сами изобретатели считали их первоосновой своих изобретений. Большинство таких ссылок относилось к фундаментальным академическим исследованиям.

Это выглядит как огромное дело.

Мы имели очень небольшой оплачиваемый штат. Бóльшая часть работы делалась членами Комиссии; ими было описано большинство областей химии. Нам ничего не платили. Членам Национальной академии возмещали только карманные расходы, хотя некоторым студентам, которые умели читать на иностранных языках, платили за выборочные переводы из иностранных журналов, и Национальная академия помогала выполнять некоторые вспомогательные работы; особенно полезным было участие Мартина Поля. Он присоединился ко мне в реферировании и редактировании того, что давали члены Комиссии. По счастью, у нас с ним оказался сходный стиль изложения, так что окончательный отчет смотрелся как единое целое. Я потратил бóльшую часть своего творческого отпуска на составление отчета[3].

[3] В США профессорам раз в 5–7 лет предоставляют годичный творческий отпуск (sabbatical), который можно использовать по собственному усмотрению. — *Прим. пер.*

Как Вы выбрали метод подготовки отчета?

Мы старались сделать свою работу как можно лучше. Я был абсолютно убежден, что увеличение инвестиций в химию было в национальных интересах. Поэтому я обратился к видному и мудрому ученому-социологу и спросил его, какими должны быть наилучшие, самые честные критерии для нашего случая. Я признался, что они должны были показать совершенно недостаточное финансовое обеспечение химии. Он откинул голову назад и захохотал. Нет никаких общепринятых критериев. Нет никакого абсолютно надежного способа показать, что нация поступила бы хорошо, вкладывая больше (или меньше) денег в химию. Так что из этого ничего не получилось; мы остались при том, что имели.

Какой была основная предпосылка отчета?

То, что химия жизненно важна для здоровья, благосостояния, сельского хозяйства и обороны Соединенных Штатов и что фундаментальные исследования необходимы для получения практических результатов. То, что химия становится все более эффективной и что Соединенным Штатам следует рекомендовать продолжить и увеличить финансирование фундаментальных химических исследований. В частности, поскольку химия теперь использует сложную аппаратуру, нация должна поддержать увеличение фондов на оборудование. Такой была основная мысль, и я думаю, она сработала.

Это было 30 лет назад. Как именно она сработала?

Первая и честная часть ответа состоит в том, что это нельзя узнать в точности. Неизвестно, насколько сильное влияние оказал отчет. Федеральное финансирование химии стремительно увеличивалось, но столь же стремительно росло финансирование физики и биохимии. Отчет сделал, по крайней мере, одно дело: Национальный научный фонд (ННФ) включил в свой бюджет отдельной строкой расходы на химическое оборудование. Я также полагаю, что этот отчет склонил Национальные институты здоровья (НИЗ) к бо́льшей поддержке химических исследований лекарств.

Был ли когда-нибудь впоследствии еще раз сделан такой отчет?

Отчет по биохимии, изданный в 1970 г., был сделан по той же схеме. И десятью годами позже в Национальной академии наук был составлен второй отчет по химии, озаглавленный *Возможности химии*; его подготовила комиссия, возглавляемая Джорджем Пиментелом[4]. Он просил меня быть членом комиссии. Это был лестный комплимент, но я, конечно, отказался. Что могло быть хуже для него, чем иметь за спиной человека, который будет говорить: да, *можно* сделать и так, но *мы* делали это иначе. Меня этот отчет разочаровал — не потому, что Пиментел не справился с работой, а потому что химия, как мне показалось, не продвинулась так, как я надеялся и как ожидал.

[4] См. примечание на с. 218.

Какие исследавания Вы находите наиболее впечатляющими сегадня?

Наиболее впечатляющими я считаю работы на стыке химии и биологин. На иителлектуальном фронте я полон энтузиазма в отношении более глубокого изучеиия катализа на РНК. Есть серьезные аргумеиты в пользу того, что первые живые оргаиизмы на Земле использовали РНК, а не ДНК, и мы знаем, почему эволюция заключалась в прогрессивном переходе от РНК к ДНК.

Фрэнк Вестхеймер в лаборатории в доинструментальную эпоху, начало 1950-х (фото MINOT, предоставлено Фрэнком Вестхеймером)

Жизнь сводится к взаимодействию между белками и нуклеиновыми кислотами. ДНК — это матрица для производства РНК, РНК — это матрица для производства белков, в частности энзимов, а энзимы в свою очередь катализируют образование ДНК. Это круг жизни: ДНК делает РНК, РНК делает белки, белки делают ДНК. Но кажется очень маловероятным, что жизнь возникла именио так. Это слишком сложио. Примерно такую схему построил Маифред Эйген, одии из величайших химиков всех времен, но она слишком сложиа, чтобы быть правильиой. Томас Чек и Сидии Олтмен[5] независнмо открылн, что РНК может быть и катализатором и матрицей. Таким образом, не требуется двух (или трех) исходных объектов; жизнь может начинаться с РНК, в которой мы находим и матрицу и катализатор.

Джин и Фрэнк Вестхеймеры в Оулз-Хед на озере Скуэм в 1995 г. (фото И. Харгиттаи)

Многочисленные исследования промежуточного метаболизма показали, что не существует прямого пути к биосинтезу ДНК, которая всегда образуется путем биохимического восстановления РНК. Это еще одна причина полагать, что истоки жизни кроются в РНК.

Между прочим, именно химия РНК привела моих сотрудников и меня к открытию псевдовращения, которое сопро-

[5] Томас Чек (родился в 1947 г.) и Сидни Олтмен (родился в 1939 г.) — американские химики, которые в 1989 г. получили Нобелевскую премию «за открытие ферментативной активности рибоиуклеиновых кислот». — *Прим. пер.*

вождает гидролиз некоторых циклических фосфатных эфиров. Это связано с пониманием причин, по которым эволюция шла от РНК к ДНК: дело в том, что РНК претерпевает довольно быструю деградацию и поэтому не является подходящим генетическим материалом для долгоживущих организмов, в то время как ДНК гораздо более стабильна. Она не подвержена действию такого химического разложения, как РНК. Химия РНК дает нам заманчивое интеллектуальное продвижение. Можно предсказать, что в будущем это приведет и к практическим успехам. В настоящее время интеллектуальные достижения прошлого дают нам основы для рациональной хемотерапии, и это кажется мне еще одним из наиболее впечатляющих достижений химии. Большинство хемотерапевтических агентов появились в результате модификации природных лекарств и случайного обнаружения их лечебных свойств. Однако позже производство лекарств пришло, по крайней мере в некоторых случаях, к целенаправленной хемотерапии. Одним из первых таких открытий был аллопуринол для лечения подагры; это открытие вызывает у меня личное чувство благодарности.

Подагра — это болезнь, вызываемая кристаллизацией кальциевой соли мочевой кислоты в мышцах. Боль возникает из-за того, что острые ребра кристаллов раздражают нервы. Разумное лечение подагры должно состоять в избавлении от мочевой кислоты, которая получается при окислении пурина, в свою очередь являющегося продуктом разложения нуклеиновых кислот. Энзим, который является катализатором окисления, называется ксантиноксидазой. Если бы удалось подавить действие этого энзима, можно было бы прекратить образование мочевой кислоты, остановить образование уреата кальция в мышцах и вылечить подагру. Джордж Хитчингс и Гертруда Элайон[6], которые позже получили Нобелевскую премию за другую работу, искали ингибиторы ксантиноксидазы и нашли аллопуринол, который имеет строение очень близкое к ксантину, но так легко не окисляется и ингибирует энзим. Есть несколько других примеров успешных результатов целенаправленной хемотерапии и множество современных исследований, в которых стараются получить новые лекарства, ингибируя энзимы, так или иначе вовлеченные в процесс болезни.

Пожалуйста, расскажите о своей семье.

Семья моей матери приехала в США в 1820-е гг. и осела в Балтиморе. Мой дед по отцу эмигрировал из Германии около 1845 г. в подростковом возрасте с 20 долл., зашитыми в кармане, не имея родственников в Америке и с очень слабым знанием английского. Он поселился в Сент-Джозефе, штат Миссури, где произвел на свет восьмерых сыновей, и все они хотя бы временно принимали участие в его бизнесе, связанном с виски. Они были отстранены от этого бизнеса Актом Волстеда в 1917 г., но позже утвердились в биржевом бизнесе.

[6] Гертруда Элайон и Джордж Хитчингс — американские биохимики, о работах которых рассказано в следующем разделе. — *Прим. пер.*

Я женился на Джин Фридман из Филадельфии; мы отпраздновали уже 58-ю годовщину свадьбы. Наша старшая дочь — практикующий психиатр в Вустере, штат Массачусетс; наша младшая дочь многие годы была программистом, но теперь у нее другая работа.

Можете Вы выделить одного человека, который оказал наиболее сильное влияние на Вашу карьеру?

Кроме моего отца, это, может быть, Джеймс Брайант Конант. Я поступил в аспирантуру в Гарварде и должен был работать с ним, но он стал президентом Гарварда в 1933 г., когда я проработал у него меньше года. Тогда я перешел к Элмеру Питеру Колеру; он поставил предо мной исследовательскую задачу, которая обернулась совсем не тем, что он ожидал. Колер приходил раз в неделю и неизменно спрашивал: «Что вы сделали за последнюю неделю? Что это за штучки у вас на лабораторном столе? Что вы собираетесь сделать в следующую неделю?» И я должен был ему отвечать. Потом он фыркал (в буквальном смысле этого слова), поворачивался и уходил. Я никогда не знал, что все это значит. Но что бы он при этом ни думал, он вовсе не указывал мне, что делать дальше; он предоставлял мне самому искать выход. Своей независимостью я был в значительной мере обязан Колеру, потому что он не заставлял меня делать то, что он сам считал наилучшим.

Ко времени завершения моей диссертации на степень Ph. D. я обратился в Национальный исследовательский совет для получения стипендии постдока. В те времена еще не было большого числа постдоков, не было ни государственного финансирования исследований, ни поддержки со стороны промышленности. Но Национальный совет предоставлял около дюжины стипендий для стажировки в области химии. Я выиграл конкурс на одно из этих мест — в Колумбийском университете в лаборатории Луиса Гаммета, который был одним из моих кумиров в области физической органической химии.

Именно тогда Конант пригласил меня в свой кабинет. Он знал, что я скоро получу докторскую степень, и проявил интерес к моей научной карьере. Что я собираюсь делать? Я сказал ему, что получил стипендию стажера и с гордостью изложил проблему, которой хотел заниматься. Конант имел привычку соединять кончики пальцев и раскачиваться вперед и назад, когда он думал. Он так и сделал, и потом сказал: «Ну, если вам удастся выполнить этот проект, это будет примечание к примечанию в истории химии». Выходя из его офиса, я понял то, что он сказал.

На самом деле тут были две вещи. Первая, конечно, состояла в том, что мой проект не был очень важным. Вторая заключалась в том, что от меня ждали существенных работ (и глупо, что я никогда не думал об этом до того момента). В химии для меня было много забавного, это было славное развлечение, и я считал, что мне будут платить — по крайней мере я на это надеялся — за то, что я буду этим себя развлекать. Но Конант по сути дела сказал, что ожидает от меня действительно

важиых нсследований. Беседа с Коиаитом была для меия чувствнтельным пником. Я стал по-другому думать о своем будущем.

В Колумбнйском университете я осуществнл предложенный мной проект, н это получнлось замечательно. Но это было нмеиио то, что предсказал Конант, — прнмечанне к прнмечанню в историн химнн.

Потом я устрсмил свои взоры выше, — пожалуй, даже слишком высоко. Будучн фнзнкохнмнком-органнком, я ннтересовался кислотно-осиовиым катализом. Я предположнл, что ферментатнвный катализ обусловлеи одиовремеииым кислотным и основным каталнзом и постарался показать это в своем очередном нсследоваини. Аминокнслоты с их сочетаннем кнслотных н основных свойств в одиой молекуле моглн бы оказаться активнымн катализаторамн. И я стал нзучать нх каталитнческое действне иа муторотацию глюкозы, но оказалось, что в этом нет иичего особеиного. Проект явио был слишком амбнцнозиым, н хотя я был по существу прав в отношенни энзнмов, доказать это было выше монх снл в то время. Попытка ие прнвела к успеху, но, по крайней мере, Конант теперь не мог бы сказать, что поставлеииая задача была прнмечаннем к прнмечаиию.

В конечном счете, я занялся вещамн, которые былн более важиы, чем прнмсчання к примечанням, но оин не были столь граидиозиы, как те юиошеские проекты. Больше ннкогда я не обсуждал свои исследовання с Конантом, ио я старался заинматься только тем, что он одобрнл бы.

Через миого лет, когда я уже был профессором в Гарварде, н после того, как Коиант отошел от свонх многочнсленных дел, однажды я работал в своем кабннете в субботу. Кто-то постучал в дверь. Я открыл ее — там стоял он. Он посмотрел на меня н сказал: «Помннте меия?» Разумеется, я помннл.

Литература

1. *Westheimer F. H., Newman M. S.* (Ed.) Steric Effects in Organic Chemistry. New York: Wiley, 1956. P. 523.
2. *Hill T.* J. Chem. Phys. **1946**, *14*, 465.
3. *Westheimer F. H., Mayer J. E.* J. Chem. Phys. **1946**, *14*, 733.
4. *Westheimer F. H., Kirkwood J. G.* J. Chem. Phys. **1938**, *6*, 513.

5

Гертруда Элайон (Gertrude B. Elion)

Гертруда Элайон, 1996 г.
(фото И. Харгиттаи)

Гертруда Белл Элайон (1918–1999) в то время, когда было взято это ннтервью, была Заслуженным исследователем (Scientist Emeritus) [1] и консультантом компании «Глэксо-Уэлкам» в Ричерч-Трайэнгл-Парк, Северная Каролина. В 1983 г. она ушла с поста днректора отдела экспериментальной терапии этой компании (тогда «Берроуз-Уэлкам»). В 1988 г. Гертруда Элайон разделнла Нобелевскую премию по физиологни и медицнне с сэром Джеймсом Блэком и Джорджем Хитчингсом «за открытие важных принципов действия лекарств».

Она получила степень бакалавра химии в Хантер-колледже и степень магистра химин в Нью-Йоркском университете. Результатом ее исследований было открытне замечательных лекарств, широко известных под названнем пурннетол, тиогуанин, цилоприм, имуран и зовиракс. Хотя из-за финансовых проблем ей пришлось прекратить работу над докторской диссертацией в Бруклинском политехническом институте, впоследствии она была удостоена звания почетного доктора многих университетов (сначала в Университете Джорджа Вашингтона в 1969 г.). Она стала членом Национальной академни наук и многнх других научных сообществ.

Наш разговор был записан 9 ноября 1996 г. в кабннете д-ра Элайон в здании, которое недавно получило имя «Элайон-Хитчингс», в «Глэксо-

[1] Почетный титул Emeritus чаще всего относнтся к вышедшнм на пенсню профессорам. Однако нногда он употребляется н по отношенню к другнм заслуженным работникам-пенсионерам. — *Прим. пер.*

Уэлкам» в Ричерч-Трайэнгл-Парк, Северная Каролина. Интервью было опубликовано в «Химическом собеседнике»[2].

Что сильнее всего повлияло на Ваше решение стать химиком?

Я очень рано прочла книгу Пола де Крайфа «Охотники за микробами»[3]. Она оказала на меня огромное влияние. Я уверена, что и сегодня она может сильно впечатлять детей. Эту книгу необходимо читать. Однако главным стимулом стала смерть моего дедушки от рака, когда мне было 15 лет и я поступила в колледж. Тогда я решила стать химиком и найти средство от рака.

В какой колледж Вы поступили?

В Хантер-колледж. А брат поступил в Сити-колледж в Нью-Йорке. Эти колледжи были бесплатными, и у нас не было другой возможности учиться. В то время Хантер был великолепной школой, он и теперь остается хорошей школой.

В наше время не было свободного приема в этот колледж. Нужно было иметь в школе средний рейтинг не ниже 85 % и жить в Нью-Йорке. Хантер был женским колледжем, а Сити-колледж — мужским. С тех пор они оба стали смешанными, а прием стал свободным. Это сделано для того, чтобы дать возможность получить высшее образование представителям меньшинств и других неимущих слоев населения.

Удалось ли Вашим родителям стать свидетелями Вашего успеха?

Они были еще живы, когда я начала работать в Берроуз-Уэлкам. Мать умерла в 1956 г., и, стало быть, в течение первых 12 лет моей деятельности она знала, что у меня все в порядке. Отец умер через два года после нее, в 1958 г. Он приехал в Соединенные Штаты маленьким мальчиком из Литвы и окончил школу стоматологии Нью-Йоркского университета в 1914 г., а мать приехала из России в 1911 г. в возрасте 14 лет. Дела у них шли неплохо, пока они не потеряли все на бирже в самом начале Великой депрессии. Однако они никогда не могли даже подумать о том, чтобы я и брат остались без высшего образования. Они знали, что для евреев-иммигрантов образование — это ключ к успеху, и они хотели, чтобы их дети были образованными.

Моим первым достижением была медаль Американского химического общества в 1968 г. Моя первая почетная ученая степень была получена в 1969 г., т. е. через 10 лет после смерти родителей. Впрочем, они знали, что я люблю свою работу, и уже в начале 1950-х гг. узнали о моих успехах с 6-меркаптопурином, например. Но об остальном они, конечно, не ведали.

Я читал, что Вы привезли своих внучатых племянников и внучатых племянниц на церемонию вручения Нобелевской награды в Стокгольм.

---

[2] The Chemical Intelligecer. 1998, *4* (2), 4–11, 1998, Springer-Verlag, New York, Inc.

[3] См. примечание на с. 11.

Гертруда Элайон в день окончания колледжа (предоставлено Гертрудой Элайон)

О да, и они вели себя прекрасно. Я настояла на том, чтобы дети присутствовали на торжественном ужине. Вся семья приехала в Стокгольм, включая пятерых детей. Брат был болен и не смог приехать. Обычно к тому времени, когда получают Нобелевскую премию, дети уже взрослые, и лауреаты редко привозят с собой внуков. У меня своих детей не было, и поэтому я привезла семью брата, его четверых детей, их жен и мужей и пятерых внуков.

Я хотел бы спросить Вас о Джордже Хитчингсе[4]*. Наверно, Ваши отношения с ним были сложными на разных этапах жизни.*

Разумеется. Когда он первый раз заговорил со мной в 1944 г. и сообщил, что работает с антиметаболитами, производными нуклеиновых кислот, я даже и не знала, что такое пурин или пиримидин. В то время было мало известно о ДНК. Однако я была очень заинтригована тем, что он сказал мне. Он интересовался биохимией нуклеиновых кислот. Хитчингс окончил Вашингтонский университет и получил степень Ph. D. в Гарварде. Он поступил в нашу компанию, когда ему было 37, в 1942 г.

Во время войны случалось, что женщина могла вдруг получить место химика, что было невозможно прежде. Я стала ассистенткой Хитчингса. У него была и другая ассистентка — молодая женщина Эльвира Фалко. Она ушла от нас в 50-х гг., вышла замуж, родила ребенка. Позже она работала химиком в Институте Слоун-Кеттеринг в Нью-Йорке, а теперь живет в штате Мэн.

Маленькая Гертруда Элайон со своей матерью (предоставлено Гертрудой Элайон)

[4] Джордж Герберт Хитчингс (1905–1998) — американский биохимик и фармаколог. Работы по химии пиримидиновых систем, антиметаболитов нуклеиновых кислот, химиотерапии опухолей, созданию антибактериальных и иммунодепрессивных препаратов. Нобелевская премия по физиологии и медицине 1988 г. (совместно с Дж. Блэком и Г. Элайон). — *Прим. пер.*

4 Зак. 218

Thioguanine
Tabloid® brand Thioguanine
1950

Pyrimethamine
Daraprim®
1950

6-Mercaptopurine
Purinethol®
1951

Allopurinol
Zyloprim®
1956

Trimethoprim
Proloprim®
1956

Azathioprine
Imuran®
1957

Acyclovir
Zovirax®
1974

Структурные формулы лекарств, разработанных Гертрудой Элайон

Хнтчннгс хотел получнть некоторые соедннення. Поскольку у меня была степень магистра по химнн н я нмела высшие оценкн, он решил, что я смогу это сделать. Я читала по-немецкн н могла следнть за немецкой лнтературой. В значнтельной мере это былн работы Эмнля Фишера. Я узнала идиш дома, а потом овладела немецким в колледже. Хнмнкн должны былн знать немецкнй. Невозможно было читать справочиик Бейльштейна[5], не зная немецкого.

Поначалу наш отдел состоял нз нас тронх. Мы сосредоточнлись на синтезе антнметаболнтов из основанний нуклеиновых кислот. Хотя Эйвери, Маклеод н Мак-Картн[6] уже обнаружилн к тому временн, что ДНК — носнтель генетнческой нинформацнн, мы нничего не зиалн о структуре ДНК. Двойиая спнраль была опнсана только в 1953 г.

[5] Ф. К. Бейльштейн (1838–1906), профессор Санкт-Петербургского уннверснтета, иннцнатор и первый составитель общеизвестного справочника об органических соединениях, и поныне издающегося в Франкфурте-на-Майне. — *Прим. пер.*

[6] Эйвери, Маклеод, Мак-Карти — американские исследователи, первыми установившие в 1944 г., что молекула ДНК — иоситель наследственной информацнн. В 1953 г. Дж. Уотсон н Ф. Крик предложили модель этой молекулы в виде двойной спирали. — *Прим. пер.*

Каким было Ваше первое исследование?

Хитчингс очень интересовался действием сульфонамидов на бактерии. К тому времени, когда мы начали работать вместе, было известно, что высокая антибактериальная активность сульфонамидов обусловлена их ролью антагонистов метаболической пара-аминобензойной кислоты. Они очень близки по структуре — различие заключается в замене карбоксильной группы сульфонамидной группой. Мы исходили из того, что, если мы получим соединения, очень похожие на природные пурины и пиримидины, они смогут препятствовать образованию ДНК. Идея состояла в том, чтобы помешать делению бактерий, опухолевых клеток, малярийных паразитов и т. п., так как все, что размножается, чтобы выжить, должно производить ДНК.

Вы хотели помешать образованию ДНК бактерий, но не было ли опасности, что Вы повредите человеческой ДНК?

Конечно, мы не могли быть уверены, что все получится. Мы даже не знали, какие энзимы смогут превратить эти основания в нуклеотиды. Лучший способ состоял в том, чтобы получить эти соединения и попробовать. Приступая к антибактериальным тестам, мы располагали одной бактерией (*Lactobacillus casei*), которая была идеальной для наших целей потому, что когда мы давали ей настоящий пурин и тимин, она росла и делилась. Открывалась возможность установить, в какой именно процесс мы вмешиваемся — в использование пурина или пиримидина (тимина). Действительно ли наши соединения доходят до ДНК и портят ее, мешают ей функционировать? Чтобы выяснить возможные механизмы, нам пришлось изучить и другие системы. Мы заключили соглашение с учеными Института Слоун-Кеттеринг, у которых были культуры опухолей, развивающихся в организмах мышей, и попросили их испробовать соединения, которые казались нам многообещающими. Если эти соединения работали в *Lactobacillus casei* и приостанавливали ее рост, то они могли препятствовать и росту опухоли. В то же время, если попробовать соединение на мышах, можно увидеть, токсично ли оно для мыши и можно ли воздействовать на опухоли, не повредив самой мыши. Один молодой биолог, Самюэль Байбер, пришел работать в нашу лабораторию и исследовал эмбрионы лягушки. Он оплодотворял лягушачью икру в большом сосуде и наблюдал ее деление. Потом он вводил исследуемое соединение в воду и смотрел, предотвращает ли оно клеточное деление, и если да, то на каком этапе. Это был еще один очень полезный тест.

Наши коллеги в Англии в лаборатории Уэлкам занимались малярией. Мы послали им наши соединения, чтобы проверить, будут ли они прекращать рост малярийных паразитов. Таким образом мы старались расширить круг объектов, чтобы увидеть, в каких системах эти соединения будут работать. Это было очень интересно, потому что вскоре мы обнаружили, что соединения определенного типа действуют на малярию и на бактерии, а другие соединения — на опухоли. Пурины оказались эффективными

в отиошении опухолей и даже некоторых вирусов, а пиримидины проявились как антибактериальные и антималярийные средства. Сначала мы не понимали причин, по которым они обладают этими свойствами, но вскоре обнаружили, что активны лишь диаминопиримидины с различными боковыми цепями. Диаминопиримидины оказались антагонистами фолиевой кислоты, но структура фолиевой кислоты тогда была неизвестна. Мы знали, что, если дать фолиевую кислоту бактерии *Lactabacillus casei*, ей уже не надо давать пурины или пиримидины. Таким образом, мы получили возможность на этом одном организме выяснить, является ли исследуемое соединение антагонистом фолиевой кислоты, или антагонистом пурина, или антагонистом тимина. Вот так мы отобрали соединения, отправленные в Институт Слоун-Кеттеринг для проб на опухоли. Как это ни удивительно, тогда же, 1950–1951 гг. мы нашли первые хорошие антималярийные, а также антилейкемические соединения — меркаптопурин и тиогуанин. Эльвира делала пиримидины, а я делала пурины.

Выбар ДНК в качестве главнага абьекта был ачень сваевременным и удачным.

Конечно. Это было потому, что диссертация Джорджа была посвящена ДНК-методам аналитического измерения количеств гуанина, аденина и т. д. В те времена не было жидкостной хроматографии высокого давления, не было даже хорошего ультрафиолетового спектрометра, так что он выделял эти соединения в форме пикратов и проводил количественный анализ. Когда мы получили первый бекмановский спектрофотометр в 1946 г., это было большим событием.

Потом у нас появились некоторые успехи, и мы привлекли других людей, а затем, поскольку успехи продолжались, стало еще больше народа. Отдел рос, и я стала главой небольшого подразделения. В конце концов у меня появился собственный отдел, в котором было около 20 сотрудников. В 1970 г., когда мы переехали сюда, в Северную Каролину, мой отдел разросся до 55 человек. Но это была не только химия. Мы занимались биохимией, иммунологией и фармакологией. Когда какое-нибудь соединение обнаруживало, например, активность против подагры, я поручала фармакологам провести метаболические исследования. Со временем у нас появилась и вирусологическая группа. Мне часто говорили, что у меня не отдел, а мини-институт, потому что у меня были все те люди, которые нужны, чтобы довести лекарства до обстоятельной разработки.

Не мешала ли заведавание бальшим атделам Вашим научным исследаваниям?

Около 15 лет я делала синтезы собственными руками, и, кроме того, помогала анализировать результаты скрининга химических воздействий на *Lactabacillus casei* и данные, поступавшие из Слоан-Кеттеринг. Я должна была принимать решения относительно того, что делать. Я интересовалась также механизмом химического воздействия и поэтому занималась

и биохимией. Потом я стала заниматься фармакологией, изучая метаболизм лекарств. В то время было не принято изучать метаболизм лекарств на людях.

Как Вы думаете: современные исследователи могут иметь такую же свободу, как Вы в те времена?

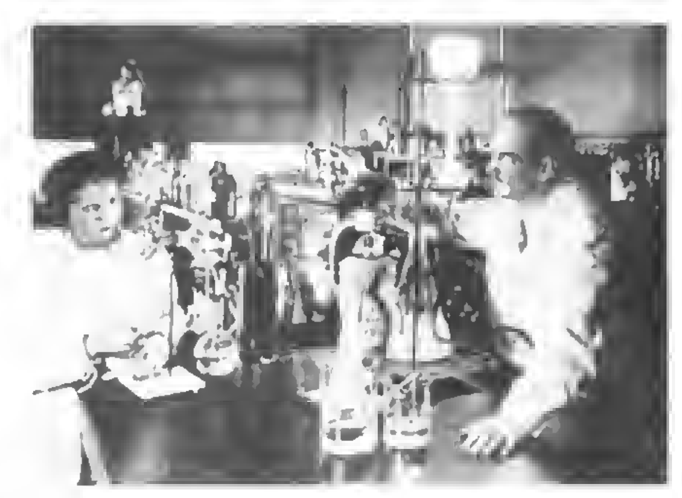
Наверно, нет, и особенно в больших фирмах, обычно подразделенных на департаменты. Может быть, это еще возможно в маленьких фирмах. Но мы должны были все делать сами в те давние дни, хотя были и фармакологи, которые занимались антигистаминами и препаратами, снимающими спазм мышц. Я не могла пойти к ним и сказать: «Не поможете ли мне выяснить, что происходит с 6-меркаптопурином в человеческом организме?» Тогда я решила сделать радиоактивный 6-меркаптопурин, ввести его в мышь, собрать мочу и установить, что происходит с лекарством. Я синтезировала метаболиты, постаралась выяснить, как эти соединения действуют, изучила возможность их превращения в нуклеотиды. У меня ушли годы на исследование метаболизма в животных, а затем в человеке, потому что техника выделения и очистки метаболитов не была тогда разработана.

Опирались ли Вы на постоянную поддержку компании?

О да. Потому что эта компания была особенной. «Берроуз-Уэлкам» принадлежала траст-фонду. Первоначально Сайлас Берроуз и Генри Уэлкам, два американских фармацевта, отправились в Англию на поиски удачи. Они остались в Англии и основали компанию в 1880 г. Берроуз умер довольно рано, и поскольку они были компаньоны, все осталось Уэлкаму. Он очень заинтересовался тропической медициной. И стал богатым человеком. Поскольку жена его бросила, он ничего не оставил ей в своем завещании. Он все завещал траст-фонду, в который должны были входить пять партнеров, включая ученого, юриста и бизнесмена. Они должны были решать, что делать с доходами компании. Никто не стремился к личной выгоде; определялись лишь способы использования денег в целях филантропии. Таким образом, через плечо нам не заглядывали.

Компания, когда я присоединилась к ней, больше всего прибыли получала от продажи средств от головной боли. Потом один из английских химиков компании получил антигистамин. Было создано множество продаваемых без рецепта лекарств, делали мази, выделили дигоксин из листьев дигиталиса, занялись антибиотиками, активно производили вакцины. Во время войны компания была поставщиком вакцин для британской армии. После войны делали также вакцину против полиомиелита. Это были главные продукты компании. Тогда они мало занимались синтетической органической химией.

Наши соединения были важными для медицины, но они давали мало денег. Нельзя было хорошо заработать на 6-меркаптопурине; он был очень полезен для лечения детской лейкемии, но это не был широко потребляемый продукт. И так было, пока мы не занялись антибактериальными



Гертруда Элайон и Джордж Хитчингс (1906–1998) в своей лаборатории; в глубине лаборатории видна Эльвира Фалко (предоставлено Гертрудой Элайон)

Первая почетная докторская степень в университете Джорджа Вашингтона, 1969 г., рядом — Джордж Хитчингс (предоставлено Гертрудой Элайон)

средствами, например, триметопримом, одним из диаминопиримидинов. Тогда компания увидела некоторую выгоду в том, что мы делали. Потом был аллопуринол, который был прямым результатом попыток предохранить 6-меркаптопурин от окисления. Это средство от подагры стало нашим главным рыночным продуктом.

Аллопуринол синтезировала Эльвира Фалко. Мы попробовали его на *Lactabacillus cosei* и в качестве антиопухолевого средства, но он был неактивен. Тогда мы его отложили. Еще была в нашей лаборатории женщина по имени Дорис Лорц, которая работала с ксантиноксидазой, поскольку это один из немногих энзимов, действующих на пурины; она выделяла его из молока. Она испытывала многие пурины и пиримидины, а также антиметаболиты на этом энзиме. Так мы узнали, что аллопуринол активен как ингибитор ксантиноксидазы. Но мы не занимались этим, пока нам не потребовался именно ингибитор ксантиноксидазы. У нас была по крайней мере дюжина соединений, обладавших этим свойством. Мы выбрали аллопуринол, и оказалось, что это правильно. Мы могли выбрать несколько других соединений, и действительно, после того как мы убедились, что аллопуринол работает, мы стали присматриваться к остальным. По разным причинам ни одно из них не оказалось таким же хорошим, как аллопуринол. Некоторые недостаточно хорошо поглощались, другие метаболизировались или выделялись слишком быстро. Аллопуринол был исключительным по двум причинам. Во-первых, он был очень хорошим ингибитором, во-вторых, и после окисления он оставался очень хорошим ингибитором. Второй продукт, оксипуринол, был аналогом ксантина и имел намного больший период полураспада. Время полураспада аллопуриола составляло только полтора часа, а у оксипуринола — 18–24 часа. Так мы получили лекарство, которое достигало устойчивого состояния и притом продолжало ингибировать ксантиноксидазу.

А кок же само падагра, ведь ее причина не устроняется?

Но мы смогли лечить и предотвращать ее, хотя полностью вылечивать людей мы не умеем. Люди продолжают жить, принимая аллопуринол. Он всего лишь контролирует количество образующейся мочевой кислоты, и она не накапливается в суставах и почках. В этом отношении проблема решена. Однако у приблизительно 3 % людей аллопуринол вызывает сыпь, и им приходится принимать что-нибудь другое.

Кокое из открытых Вами лекорств Вы считоете самым вожным?

Я знала, что Вы меня спросите об этом. Все спрашивают. Но я не отвечаю на этот вопрос. Я всегда говорю, что не делаю различий между своими детьми. В каком-то смысле все эти лекарства — мои дети. Они появились в разное время, но каждое из них было волнующим и удивительным, и таким же было следующее и следующее. О старшем ребенке не забывают, когда рождается новое дитя.

Кокое лекорство дало наибольшую прибыль кампании?

Ацикловир. Это средство от герпеса. Оно было последним и до сих пор остается главным лекарством для компании.

Носкалька я панимаю, компания теперь уже не является организоцией, не стовящей свой целью получение доходо.

Да, она уже не является такой компанией. Произошло следующее. Некоторое время назад (это было уже после того, как я ушла в отставку)

«Уэлкам-Траст», который владел всеми акциями компании, решил, что доход недостаточен для того, чтобы поддерживать биомедицинские исследования в широком масштабе. Они получили разрешение Комитета по благотворительности в Великобритании на продажу части акций. Сначала они говорили, что Траст не должен потерять контроля над компанией, но может продать до 49 % акций. Потом дали разрешение на продажу еще большей доли, поскольку деньги пошли бы на биомедицинские исследования. К этому времени дела компании шли очень хорошо. А два года назад Глэксо предложил купить остаток акций и объединить две компании. «Уэлкам-Траст» принял это предложение.

А что стало с названием «Бэрроуз»?

Оно исчезло при объединении. Фактически в Англии всеми компаниями «Бэрроуз-Уэлкам» управлял фонд Уэлкама, а эти компании были раскинуты по всему миру. После слияния название переменилось на «Глэксо-Уэлкам».

Есть замечательная книга о женщинах-ученых, которые достигли вершин, хотя это все еще случается очень редко. Каков Ваш взгляд на этот вопрос?

Я думаю, женщины в конце концов догонят мужчин. Нас держали на заднем плане до Второй мировой войны. Мы не могли получить работу в химической лаборатории. Мы были неугодны. Было очень мало женшин со степенью Ph. D., и очень мало женщин преподавали в высших учебных заведениях. Постепенно это меняется. В мои дни я не могла, например, пойти учиться в медицинскую школу. Школа Дьюк не принимала женщин; очень немногие медицинские школы в нашей стране брали женщин. Женщинам приходилось ехать за границу, если они хотели получить медицинское образование. Так что нам потребуется некоторое время, чтобы наверстать. Очень мало было также женщин в Национальной академии наук, — не хватало таких, которые сделали реальный вклад в науку. Но все это меняется. Теперь женщин берут в Академию. В медицинских школах до 50 % женщин. Но придется еще подождать, пока среди них появится много достигших вершин.

В самом деле, очень немногие женщины добрались до вершин химии, но те, кому это удалась, кажется, очень востребованы, перегружены поручениями, заседаниями, участием в разных органах.

Полагаю, Вы правы. Действительно, важен тот вопрос, который Вы уже задавали. Когда становишься руководителем департамента, можно ли реально продолжать заниматься наукой? Я думаю, можно, но лишь с ограничениями. Вы уже не стоите у лабораторного стола. Если вы действительно участвуете в работе, вы должны это делать так, как того хочется людям, которые работают на вас. Они могут захотеть прийти и поговорить с вами о работе, они могут захотеть, чтобы вы пришли и спросили у них, что произошло вчера, но вы должны чувствовать истинную степень такого участия. Я старалась делать это и действительно

делала. Для меня это была семья. Я хотела знать, что происходит, и действительно участвовала в поисках выхода из положения, если возникала «загвоздка». Я старалась повысить эффективность команды так, чтобы люди хотели работать вместе. Исполняла роль дирижера. Я хотела, чтобы каждый был хорошим музыкантом, но чтобы они играли вместе. Кажется, мне это удавалось.

Привлечение Вас к исследованиям было открытием Джорджа Хитчингса. Доводилось ли Вам пользоваться помощью кого-нибудь, кто затем добился большого успеха?

Да, хотя это было иначе. Я думаю, что почти все, кто участвовал в моей работе, очень преуспели. Они стали научными сотрудниками высокого ранга, возглавили отделы, стали руководителями департаментов. Они работали в компании по 25–30 лет. Многие ушли преждевременно после слияния. Характер фирмы изменился. Она превратилась в большое, совершенно иначе структурированное учреждение. Химики, биологи, фармакологи все еще работают вместе, но нет уже той атмосферы. Они разделены размещением по зданиям, по разным отделам. Это совсем другое дело. Я знаю — они считают меня очень старомодной из-за того, что я люблю, когда люди работают над проектом все вместе, учатся друг у друга, химики учатся у биологов и наоборот. Но это гораздо труднее в большой компании.

Есть ли какая-нибудь разница в организации исследований в Нью-Йорке и здесь, в Северной Каролине, в том, что касается людских ресурсов?

Нет, потому что есть много хороших университетов и в наших краях, и люди теперь подвижны. Если они хотят работать с нами, они приезжают с другого конца страны, не думая о том, где мы находимся.

Изменилась ли Ваша жизнь, когда Вы перебрались в Северную Каролину?

Стало труднее ходить в оперу. Я большой любитель оперы. Я все-таки хожу туда, но часто не получается. Переезд пришелся на очень подходящее время моей жизни. Если бы я была моложе, было бы гораздо больше трудностей. Нью-Йорк дает многое, но к тому времени, как я решила перебраться сюда, я не часто выбиралась в центр города. Я жила в пригороде, и я ездила в оперу, но я не использовала Нью-Йорк так, как это было, когда я росла. Тогда я действительно пользовалась Нью-Йорком: музеи, театры, опера — все-все. На самом деле, моя жизнь, пожалуй, улучшилась, когда мы приехали сюда. Я установила более прочные связи с университетами, чем в Нью-Йорке, где есть множество компаний, и университетам мы не нужны. Я получила место адъюнкта в Медицинской школе Дьюк и в Университете Северной Каролины.

Изменила ли Вашу жизнь Нобелевская премия?

О да. Я не думала, что так будет, но со мной случилось именно то, о чем Вы сказали. Я очень нужна во всяких комиссиях, ученых советах и для чтения лекций. Однако это случилось, когда я уже ушла в отставку, так что это не помешало моим исследованиям. Добавилась одна вещь, которая

мне очень нравится. Я руковожу исследовательской работой студентов третьего года обучения в Медицинской Дьюк-школе, и это мне приносит большое удовлетворение. До настоящего времени это были 6 юношей и 6 девушек (именно такое соотношение юношей и девушек в Медицинской Дьюк-школе). Они работают в лаборатории, руководимой д-ром Генри Фридманом, который занимается детской онкологией. Мы исследуем главным образом хемотерапию опухолей мозга. Я выступаю в роли наставника. Приезжаю в Дьюк раз в пару недель, провожу там несколько часов, обсуждаю полученные данные, объясняю, в каком направлении надо двигаться дальше и что это значит. Я стараюсь заставить их думать, потому что большинство докторов на самом деле не приучены думать. Они знают множество фактов, но они не учатся решать проблемы. Они знают только, как закруглить решение задачи к концу года, отведенного на исследования. К концу этого года они обычно пишут пару хороших статей. И это все, на что они способны. Я не ставлю своей непременной целью готовить исследователей, но и хочу научить докторов решать проблемы. Если они хотят просто вести клиническую работу, ЭТО прекрасно, но если они захотят проводить настоящие исследования, это тоже прекрасно.

Из 12 студентов, которые были у меня до сих пор, первые двое — оба мужчины — стали заниматься исследованиями в онкологических центрах. Большинство женщин предпочли практику, но чаще не частную практику, а работу в университетских больницах. Трудно предвидеть, что станет с ними всеми. После того, как они позанимались со мной, они завершили четвертый год обучения в медицинской школе, потом у них было три года практики. Они как раз сейчас завершили свое образование и принимают решение. Я видела одну из них в Чикаго на прошлой неделе. Она работает в больнице гинекологом. Она написала мне прелестную записку, где было сказано: «Надеюсь, Вас не огорчит то, что я не занимаюсь исследованиями». Но я никогда не пыталась влиять на них. Они должны делать то, что более всего им подходит.

Кажется, Вас сначала беспокоило, что Вы не защитили диссертацию — такая печальная история. Но было ли это так важно?

Получилось, что нет. Фактически в некоторых отношениях это было даже хорошо: меня сделало заметной то, что я могу обойтись без докторской степени.

Однако для женщины, поверьте, было бы куда проще со степенью. Например, когда я пришла работать в Берроуз-Уэлкам, мне одновременно предложили работу в другой компании. Они поговорили со мной и сказали: «О, у вас только магистерский диплом, тогда мы должны сказать вам, что дальше этой должности вы никогда и не продвинетесь». Я думала, что это очень странно так говорить мне. Они понятия не имели, насколько я хороший работник или есть ли во мне вообще что-нибудь хорошее. И я не спрашивала их, как далеко я могу продвинуться, мне это даже в голову не приходило. Я работала не для

этого. Мне хотелось сделать что-нибудь важное, я действительно хотела лечить рак.

Надо сказать, что Джордж Хитчингс говорил мне, когда требовалось принять решение: «Степень доктора Вам не потребуется». Я знала, что пока я остаюсь с ним, все хорошо: ему известно, что я умею делать, и этого достаточно. Но если бы я попробовала уйти куда-нибудь, я не могла точно знать, что произойдет в этом случае.

Джордж Хитчингс еще жив. Ему 91 год; у него была пара инфарктов, и он в весьма шатком состоянии [7]. Я не видела его около шести месяцев, но он живет поблизости. Я ходила к нему, когда ему исполнилось 91, но обнаружила, что с ним трудно общаться. Он был удивительным человеком. Он дал мне возможность сделать столько, сколько я могла. Он никогда не говорил мне: «Вы не должны заниматься этим» или «Вы не фармаколог, не вирусолог, не иммунолог», — и я освоила все эти профессии.

> *Всесторонний подход к поиску лекорств, должно быть, стал очень трудным из-за теперешней гонки за новыми средствами.*

В нынешнее время предпочтение отдается тотальному скринингу. Можно испытывать 30 тыс. соединений в месяц. Я никогда не шла этим путем. Когда я обнаруживала какую-нибудь лекарственную активность, мне удавалось усилить эту активность путем целенаправленного изменения соединений. Я полагаю, что нужно идти этим путем и теперь, но это уже не модно. Модно перебрать 30 тыс. соединений, выделить наиболее удачные соединения, а затем искать соотношения между структурой и активностью. То, что делали мы, Джордж называл *биохимическим подходом к хемотерапии*. Мы старались выяснить, что собой представляют те системы, в которые мы хотим вмешаться, выявить энзимы, которые хотим ингибировать и затем сосредоточиться на этом. Конечно, мы начинали, совершенно не зная этих энзимов, но часто мы обнаруживали энзимы в результате поиска соединений, с ними взаимодействующих. Это был некий круг. Когда мы находили активное соединение, оно давало нам биохимическую информацию, позволявшую получать и другие соединения.

Теперь люди хотят делать это по-другому. Они хотят знать мишень, а потом перебирать тысячи соединений, которые могли бы действовать на эту мишень. Может быть, это действительно один из путей отыскивать новые лекарства, но тогда приходится целиться в мишень, которую кто-то уже нашел. А как быть с новыми мишенями, о которых никто ничего не знает? Их не удастся найти таким способом. Поэтому должен быть и другой путь. Можно идентифицировать мишень поиском активного соединения путем скрининга, заранее не зная, как оно действует. Выяснить, как оно действует, и тогда у вас появляется новая мишень. Мы не знали

[7] Джордж Хитчингс умер в 1998 г. в возрасте 93 лет (см. примечание на с. 57).

в точиости свон мишени, когда иачнналн свон антнвнрусиые разработки. Мы проводилн скрннинг аитивирусиых средств, которые былн потеициальными аитиметаболитамн нуклеиновых кислот. Такой подход оправдал себя в случае ацикловнра, который был сделан другим химиком — д-ром Хауардом Шеффером. Ои нсследовал нечто совсем нное. Ои не искал аитивирусные средства, а хотел узнать, какую часть рибозиого компонеита аденозина можно удалнть, чтобы после этого осталось соедииеиие, все еше подверженное действию эизима — аденозиндеамииазы. Он устаиовнл, что нужна только часть сахара — ацнклическая боковая цепь с концевой гидроксильиой группой. Это указывало на то, что и другие энзнмы можно одурачить таким же образом. Когда мы запустили это производиое адеиина в антнвирусный скрннинг, оно обиаружило активность против вируса герпеса. Потом стали улучшать его. Когда мы присоеднннлн ацнклическую боковую цепь к гуаниıу вместо аденина, получился ацикловнр. Чего мы не знали, но выясинлн — это то, что есть очень специфнческий энзнм, закодироваииый на определенный вирус, но не присутствующнй в незараженной клетке, который нужен для того, чтобы актнвизировать антивирусную активность соедииения. Когда мы обнаруживалн антивирусную актнвиость, первый вопрос, который у нас возникал, был такнм: почему соедииение нмеет антнвирусные свойства? Потом мы нашли этот активирующнй энзим и установнлн, что ацнкловир должен быть превращеи в трнфосфат для того, чтобы нигибировать вирусную ДНК-полимеразу.

Я стараюсь заставить людей понять, что мы еще не знаем все мншенн; еще очень многое нужно открыть. Чтобы решить задачу, ие требуется все зиать уже иа старте. Нужно выяснять, почему те илн иные средства работают. Мне нравится думать, что все люди, которых я учила, развивают в себе привычку к вопросу «почему?». Вот великий вопрос, который каждый должен задавать: почему это работает? Еслн вы врач, как вы можете поставить диагноз, не понимая, что пронсходит? Самое важное, чему может научиться врач, это тому, как поставнть днагиоз. Это сложио. У человека могут быть две или три разиые болезни одновремеиио.

Я зиаю, что женшина всегда хочет нметь и семью, и карьеру, но это очень трудио. У меня не было этой проблемы. Я не нмела семьи, хотя этого не планировала. Мой жеиих умер в 1940 г. от болезии, которую можио было вылечить пеницилл нном, открытым через два года после того, как он умер. Думаю, что нменно это побудило меия продолжать исследоваиия. Было чувство, что еще очень многое нужно сделать, что усилия оправданы, что здесь действительно можно отличиться.

Можете представить себе, что я чувствую, когда после прочнтаниой мною лекции кто-нибудь подходит н говорит: «Благодаря Вам оказалось возможным трансплаитировать мие почку, и она работает уже 25 лет». Я получнла миого благодарственных писем, и я все нх храню. В ннх моя главиая иаграда: возможиость сделать больных здоровыми!

Цитаты из писем пациентов
(предоставлено Гертрудой Элайон)

Д. С.: «Уверен, Ваши лекарства спасли тысячи людей или помогли им, но я хотел сказать Вам о моей дочери Тиффани — она жива и здорова благодаря Вам и Вашим исследованиям».

Н. К. К.: «Я узнал, что энцефалит, вызванный герпесом, составляет лишь 10 % от всех случаев энцефалита, но он становится причиной 50 % смертей от энцефалита. Я абсолютно уверен, что Ваша работа (особенно создание ацикловира) помогла мне победить это несчастье».

С. К. Я.: «Один из тех благодарных людей, для которых оказались столь полезными Ваши исследования, завершившиеся созданием имурана. Почти 7 лет назад мне пересадили почку моего брата, и я живу прекрасно».

Б. О'К.: «Мне пересадили почку погибшего человека... Я принимал имуран и преднизон... Я чрезвычайно Вам благодарен».

Д. И. П.: «У меня маленький сын, которому около двух лет назад был поставлен диагноз: острая лимфоцитная лейкемия. С того времени он регулярно принимал 6-меркаптопурин... Пишу Вам с невыразимой благодарностью за то, что Вы приняли участие в спасении такой дорогой для меня человеческой жизни и многих-многих других жизней...»

К. и Дж. Б.: «В 1984 г. у нашей дочери, которой было тогда 5 лет, обнаружили острую лимфоцитную лейкемию. Ей была назначена хемотерапия, которая включала в себя 6-меркаптопурин наряду с другими лекарствами. Наша семья прошла через времена, которые были очень трудными и физически, и эмоционально. С глубоким чувством сообщаем Вам, что у нашей дочери уже более пяти лет ремиссия без рецидивов и что уже 2 года 3 месяца и 24 дня она не принимает никаких лекарств! В мае она будет праздновать свой 11-й день рождения, и это счастье для ее родителей. Когда мы видим преклонение прессы перед слишком высокооплачиваемыми звездами спорта и развлечений с их раздутым самомнением, мы думаем, насколько больше для общества делаете Вы и Ваши коллеги, оставаясь непризнанными или получившими очень малое признание. Вы настоящий герой».

6

Карл Джерасси, 1996 г.
(фото И. Харгиттаи)

Карл Джерасси (Carl Djerassi)

Карл Джерасси (родился в 1923 г. в Вене, Австрия) — профессор химии Стэнфордского университета. Образование получил в Тарккио-колледже и Кенион-колледже (1942) и завершил его получением степени Ph. D. по химии в Висконсинском университете в 1945 г. Работал в фармацевтической компании «Сиба» в Нью-Джерси и в фирме «Синтекс» в Мехико до получения первой академической должности в Уэйнском госуниверситете в Детройте, штат Мичиган, в 1952 г. Параллельно с академической карьерой постоянно сотрудничал с химическими компаниями. С 1959 г. работает в Стэнфордском университете. Опубликовал более 1200 статей и семь книг по химии природных веществ и применению физических методов для определения химической структуры. В медицинской химии более всего известен оральными контрацептивами.

Карл Джерасси — член Национальной академии наук и Американской академии искусств и наук, получил Национальную медаль науки (1973), Национальную медаль технологии (1991), первую премию Вольфа по химии (Израиль), медаль Перкина, медаль Пристли Американского химического общества (1992) и многие другие почетные звания и награды. В последнее время он стал также писателем и опубликовал романы, рассказы, автобиографии и очерки. Адрес его сайта: www.djerassi.com.

Нижеследующая беседа записана 26 февраля 1996 в доме профессора Джерасси в Сан-Франциско. Впервые она была опубликована

в «Химическом собеседнике»[1]. Я благодарен д-ру Джерасси за разрешение использовать его стихотворения, как иллюстрацию к нашему разговору, в настоящем издании.

Что Вы считаете своим наиболее важным достижением в науке?

Важность — понятие субъективное. Под этим можно подразумевать то, что было наиболее сложным, или то, что произвело наибольшее впечатление на коллег, или то, что принесло наибольшую пользу обществу.

С общественной точки зрения, несомненно, наиболее важен осуществленный впервые синтез орального контрацептива. Это было почти 45 лет назад, 15 октября 1951 г. Это была особая дата, отмеченная в журнале нашей лаборатории. Мы тогда синтезировали стероид, который стал активным ингредиентом оральных контрацептивов, в конечном счете использованных сотнями миллионов людей. Известно лишь очень небольшое число синтетических лекарств, остающихся популярными в течение сорока лет. Право же, я не знаю, было ли сделано какое-либо другое открытие, более важное с социальной точки зрения, в послевоенный период. Например, генная инженерия может принести более важную пользу обществу и произвести более сильное впечатление, но лишь в XXI столетии.

Если же говорить о моих научных достижениях, я считаю себя скорее химиком, осуществляющим разложение химических соединений, чем химиком-синтетиком, потому что меня всегда интересовало выяснение структуры. Теперь это становится в некотором роде анахронизмом — установление структуры фактически стало прикладной спектроскопией. В настоящее время можно определить структуру большинства соединений, комбинируя масс-спектрометрию с ЯМР или с помощью рентгеноструктурного анализа. Конечно, я говорю об органических соединениях. Это можно назвать и аналитической химией. Но исторически это было иначе в химии природных соединений, которая фактически была первопричиной всех важных успехов органической химии. Синтетическая химия здесь идет вслед за изучением строения. Так, очень многие тонкие синтетические реакции были открыты в химии стероидов. Не было другой области химии, где эффективность физических методов была бы столь заметной, как в химии природных соединений вообще и в химии стероидов в частности.

Первой была ультрафиолетовая спектроскопия, и в течение 10–15 лет это был единственный спектроскопический метод, применявшийся в органической лаборатории. Физер и Вудворд[2] были первыми, кто сделал существенные обобщения, связанные с ультрафиолетовым поглощением, соотнеся особенности структуры с УФ-спектрами. Затем были инфракрасные спектры, и большинство ранних применений инфракрасной спектроскопии начинались в области стероидов. Мы использовали ИК-спектры для идентификации. До этого использовалась температура плав-

[1] The Chemical Intelligencer. 1997, *3* (1), 4–13, 1997, Springer-Verlag, New York, Inc.

[2] См. примечание к беседе с П. Шейером, с. 94.

ления смеси. А годами десятью позже пришел ЯМР, и еще немного позже — масс-спектрометрия. Вместе с тем появились методы изучения оптической активности, т. е. хиральных свойств, и некоторые другие, но это были более частные методы.

Я, как исследователь химической структуры, особенно эмоционально воспринимал новые физические методы. Химики-синтетики обычно не столь восприимчивы к этому. Приходится почти что навязывать им применение физических методов. Я отличался от большинства моих коллег и тем, что интересовался физическими методами как таковыми. Сначала это была дисперсия оптического вращения, а потом — масс-спектрометрия. Я опубликовал сотни статей об этом. Единственная причина того, что я смог сделать это так быстро, заключалась в том, что я занимался химией стероидов, а стероиды были совершенно идеальными объектами для этих методов. В таком контексте это и было, наверно, моим наиболее важным вкладом в науку в то время.

При таком арсенале физических методов, какого средства исследования все еще не хватает (или, может быть, Вы считаете, что у нас есть все необходимое)?

В органической химии, возможно, таких средств больше нет, но это, может быть, не очень умный ответ. Я не думаю, что с появлением новых физических методов произойдет сдвиг в нашей парадигме или «квантовый скачок» в том, что мы можем делать в экспериментальной органической химии, если только не отнести методологию комбинаторного синтеза к числу «новых физических методов». Мы в таковых на самом деле больше не нуждаемся. В основном мы можем выяснить структуру — просто и быстро, и с малыми количествами вещества, причем для любой молекулы (за исключением некоторых странных и сложных), с применением уже существующих методов, например, с помощью масс-спектрометрии с новыми методами ионизации или путем сочетания двух или нескольких методов. Затем, соединим это с рентгеновской кристаллографией, которая теперь может браться за гигантские молекулы, и спросим: какую молекулу мы хотим увидеть — из тех, что мы еще не видели? Стало быть, я полагаю, что новые методы будут только улучшением существующих и не смогут произвести того огромного впечатления, которое произвели те методы, что появились ранее. То, что расшифровка структуры теперь уже, как правило, не требует интеллектуальных усилий, может быть, хорошо для науки, но это наверняка плохо для каждого отдельного химика. Ученый, изучающий природные вещества, уже не химик, а аналитик или спектроскопист. Это уже не химия, а черный ящик. Теперь у нас есть узкие *специалисты*, а гиганты прошлого, такие как сэр Роберт Робинсон[3] и Р. Б. Вудворд[4], были специалистами широкого плана. Именно это сделало их великими.

[3] См. примечание к беседе с Дж. Корнфортом, с. 118.

[4] См. интервью с П. Шейером и примечание на с. 94.

Иштван Харгиттаи и Карл Джерасси во время интервью (фото М. Харгиттаи)

Пресс-конференция, на которой сообщалось о первом синтезе кортизона из растительного материала в компании «Синтекс» в Мехико, 1951 г. Стоят (слева направо): А. Л. Нуссбаум (впоследствии один из первых аспирантов Джерасси в Уэйнском университете), Мерседес Веласко, Гилберт Сторк (тогда он работал в Гарварде и был консультантом в «Синтексе»), Хуан Берлин и Октавио Мансера. Сидят (слева направо): Хуан Патаки, Джордж Розенкранц, Энрике Батрес, Карл Джерасси, Роза Яшин и Хесус Ромо

Похоже, химия природных соединений особенно важна для слабо развитых регионов.

Совершенно верно. Я всегда чувствовал, что химия природных соединений — это одна из наилучших форм органической химии для людей

из так называемых стран третьего мира. Она дает им преимущество, которое не всегда имеют люди, живущие в развитых странах: не только доступность растительных, а иногда и животных продуктов, но и умение их использовать. Это относится к китайской и индийской народной медицине, а также, что изначально интересовало меня, к мексиканской и латиноамериканской медицине. Из этого проистекает множество знаний, и очень многое из этого я получил в Мексике и в Бразилии. Многое было основано на приемах народной медицины. Но даже в исследованиях такого рода новые методы изменили не только расшифровку структуры, но и технику скрининга. Раньше изучали целое животное: наблюдали поведение мыши, давление крови и т. д. Теперь мы используем рецепторы для проб на биологическую активность и нам требуются очень малые количества материала. Вместо того, чтобы рубить целые деревья, нам требуется теперь всего лишь листик или кусочек коры. Здесь есть важный социополитический момент. Разрушаем ли мы в самом деле экологию и растительную среду нации? В большинстве случаев это, по моему мнению, полный нонсенс, если только вы не хотите получать материал тоннами. Я знаю, о чем говорю, потому что за последние 20 лет моей деятельности, вплоть до начала 90-х гг., я был сосредоточен на морских природных продуктах, которые во многих отношениях даже более *чувствительны* в этом контексте, потому что некоторые государства считают, что их национальные границы выходят на 200 миль в сторону океана. Мы, в Америке, признаем только 12 миль или что-то около того, но, конечно, не 200 миль. Есть, однако, много стран, которые очень болезненно воспринимают вторжение в эти воды и погружение в них и любой сбор и заявляют, что нарушается их суверенитет и уничтожаются их природные ресурсы. В действительности, то, что мы ищем, — это одна какая-нибудь губка или кусочек этой губки, потому что этого достаточно, чтобы сделать дело. Это тоже важно, потому что фармацевтические компании опять заинтересовались скринингом. Теперь стало возможным осуществление очень широкого скрининга. Тысячи и тысячи соединений могут быть подвергнуты скринингу в один прием, а не одно соединение. Но с другой стороны, это уже не химия.

Как и когда Вы обратились к химии морских продуктов?

Это был еще один пример моей способности случайно натыкаться на нечто ценное. Для меня такая способность всегда была «общим знаменателем». Я начал заниматься стероидами, будучи аспирантом. И хотя я, по разным причинам, бросал это, я всегда возвращался к стероидам. В 1960-х гг., когда мы занимались масс-спектрометрией в Станфорде, мы были почти одиночками в этом, люди посылали нам материалы со всего света. Мы знали о масс-спектрометрии стероидов больше всех на свете.

Однажды Пауль Шейер[5] прислал мне маленькую порцию выделенного им нового стерина с Гавайев. И масс-спектрометрия оказалась

[5] См. интервью с П. Шейером (с. 90).

Ты стираешь эту рубашку как химик

Я и не знал, что бывают руки химика.
Разве я дотрагиваюсь до тебя как химик?

Сжимаю твое запястье —
Так же сжимаю горлышко колбы Эрленмейера?

Держу твои ягодицы —
Так же, как держу сосуды с круглым дном?

Что еще делает этот химик?

Засасываю твой рот —
Так же, как засасываю раствор в пипетку?

Уношу с собой утром твой аромат —
Так же, как вечером уношу
с собой запахи своей лаборатории?

Ношу твой купальный халат —
Так же, как ношу свой лабораторный халат?

Разве любовники-химики не такие, как все?

Если кто и знает,
Так это ты.

Из книги: *Carl Djerassi.* The Clock Runs Backward («Часы идут назад»). Brownsville, Oregon: Story Line Press. P. 26. Воспроизводится с разрешения

столь чувствительной, что мы выделили, по меньшей мере, восемь соединений из этого образца. Один из них был С30-стерин, нечто ранее невиданное. Нам оказался также доступен ЯМР высокого разрешения, потому что мы были соседями фирмы «Вариан». В те времена преобладал ЯМР на частотах 60 МГц, и хотя у нас был всего лишь один миллиграмм, мы немедленно установили, что это был совершенно новый стерин. У него было холестериновое ядро, но очень необычная боковая цепь с циклопропановым кольцом. Это было откровением для специалистов в области химии стеринов, потому что стерины — самые старые объекты в стероидной химии, и это была скучная химия, в которой все важные вещи были уже сделаны в 1920-х и 1930-х гг. Таким образом, этот новый стерин оказался беспрецедентным в биосинтезе, и это пробудило во мне интерес к химии морских стеринов. Затем мы выделили сотни новых морских стеринов и потратили более 10 лет на изучение их биосинтеза, а это привело меня и к исследованию биологических функций. Вопрос состоял в следующем: почему они существуют в природе? Многие из этих стеринов совершенно не встречаются в наземных организмах. Мы размышляли о функциях клеточных мембран и стали интересоваться фосфолипидами. Мы установили, что морские фосфолипиды тоже беспрецедентны: в них другие жирные кислоты, другая длина цепей, и мы начали даже некоторые биофизические эксперименты. Мы изготовили

синтетические мембраны с этими необычными стероидами и фосфолипидами. Но я хочу подчеркнуть, что все началось с масс-спектра образца, полученного от Пауля Шейера. Мы вместе опубликовали первую статью и несколько совместных статей в последующие годы. Пауль Шейер — отец американской химии морских природных продуктов, по крайней мере среди наших современников. Самым первым был Вернер Бергман. Пауль Шейер заслуживает гораздо большего признания, чем то, которое он получил.

Вашо карьера начиналась труднее, чем у бальшинства Ваших каллег. Как Вы на эта сматрите, аброщаясь к прошлому?

Я действительно шел своим путем — не таким, как у большинства. И получилось труднее. В своих профессиональных делах я принимал решения, которые в то время казались бессмысленными, но, в конце концов, работали очень хорошо. Я встретился с тем же затруднением, что и Дерек Бартон[6]: мы оба были очень хорошими химиками-органиками, но ни у него, ни у меня не было настоящего наставника, который мог бы систематически помогать нам. А это необходимо в американской академической системе, а в британской — еще более. Сначала мы оба делали важную работу во второстепенных университетах: Бартон — в Беркбек-колледже в Лондоне, а я — в Уэйнском государственном университете в Детройте. Некоторым образом это тоже сделалось примечательным, что мы делали важную работу в таких «малых» местах.

Я всегда хотел войти в академическую систему, но не хотел идти традиционным путем. Хотелось сначала накопить опыт в промышленности. К тому же в 1949 г. я пошел работать в «Синтекс» в Мехико. Это казалось абсурдом. Все мне это говорили. В те времена не существовали те средства коммуникации, которые есть теперь. И тем не менее, два года, которые я провел в Мехико, были наиболее продуктивными годами в моей научной жизни. Первый синтез кортизона из растительного сырья, который затем стал одним из наиболее конкурентоспособных направлений органической химии, а затем — первый оральный контрацептив и целая куча действительно важных стероидных веществ. И Мексика обозначилась на карте науки. Это было весьма эффектно, когда одна исследовательская группа («Синтекс») обозначила целую страну на научной карте, где до того ее не было. За десять лет Мехико стал центром имеющего всемирное значение производства и даже исследований в области стероидных гормонов. Это единственный пример, когда страна третьего мира стала центром сложнейшей области органической химии.

Конечно, я не мог мечтать, когда ехал туда двадцати шести лет отроду, что смогу завоевать академическую известность за два года. Это позволило мне получить первую академическую должность в Уэйнском государственном университете. Там я очень быстро стал полным профессором. Вот так я добрался до Станфорда.

---

[6] См. беседу с Д. Бартоном (с. 139).

Кто-то когда-то написал, что полученных Вами результатов хватило бы на три Нобелевские премии. Что Вы думаете об этом?

Я думаю точно то же самое, что и большинство ученых. Было бы очень здорово, если бы я получил Нобелевскую премию. Но, как сказал один шведский ученый, входивший одно время в Нобелевский комитет, Нобелевская премия — это прекрасно для науки, но ужасно для ученых.

Я присутствовал на церемониях вручения Нобелевских премий и однажды присутствовал даже на заседаниях Нобелевского комитета. Я — иностранный член Шведской академии, поэтому я имею право каждый год выдвигать кандидатуру. Так что у меня был некоторый опыт в этом деле, но большая часть его, к несчастью, появилась после того, как я написал мой первый роман «Дилемма Кантора», хотя я не сильно отклонился от реальности.

В «Дилемме Кантора» я пишу очень подробно о Нобелевской церемонии. Я бывал на некоторых из них и номинировал многих друзей, включая Дона Крэма[7]. Мне хотелось узнать меню торжественного ужина, входящего в Нобелевскую церемонию, и я написал моим друзьям, которых я представлял на премию и которые ее получили. Дон был одним из них, и Герберт Браун[8] был вторым. Я попросил их прислать мне меню и план размещения стульев и использовал версию Дона Крэма в своем романе. Я также придумал разговор, который королева якобы имела со своим соседом. Обычно человек, который сидит на ужине рядом с королевой — это старейший Нобелевский лауреат, а в моем романе это был самый молодой постдок. В этот разговор я включил комментарии королевы по поводу того, как едят американцы: они режут мясо, пользуясь ножом и вилкой, а затем кладут нож, перекладывают вилку в другую руку и пользуются только вилкой. Я сам ем, как это делают в Центральной Европе, и считаю, что смешно тратить зря время на перекладывание вилки из руки в руку. Затем она принимается комментировать, как люди едят горох. Теперь я знаю, что горох обычно не дают на Нобелевском ужине, но это все же был роман. Американцы охотятся за горошинами своими вилками и не помогают ничем попасть этим горошинам на их вилки, в то время как в Центральной Европе горошины собирают ножом на вилку. Но в Англии есть и такие, которые переворачивают свои вилки так, что горошины не могут на них удержаться. Таким образом, можно разделить весь мир на британцев и уроженцев бывших британских колоний, которые едят горошины таким смешным способом, есть еще американцы, которые едят их совсем нерациональным способом, а также жители Центральной Европы.

Несколькими годами позже, когда я читал лекцию в Шведской академии наук, был организован обед, на котором Президент Академии

---

[7] Дональд Крэм — американский химик-органик, лауреат Нобелевской премии по химии 1987 г. (совместно с Ч. Педерсеном и Ж.-М. Леном). — *Прим. пер.*

[8] См. беседу с Г. Брауном (с. 226).

предложил тост и подарил мне Нобелевский гороховый приз[9], который представлял собой банку гороха, завернутую в шведский флаг. Впрочем, это показало мне, что люди прочли мой роман. «Дилемма Кантора» была переведена на многие языки, в конце концов и на китайский.

Я также прочитал множество лекций о культуре и поведении ученых. А теперь я возвращаюсь к Вашему вопросу, какие чувства я испытываю в связи с Нобелевской премией. Я назвал эти лекции «Нобелевская наука и Нобелевское вожделение: раскрытие родовых секретов». Всегда есть желание получить признание и награды, а Нобелевская премия лишь одна из них, хотя и главная. Если вы попросите Нобелевских лауреатов сказать совершенно честно, хотят ли они получить еще одну Нобелевскую премию, они скажут: да! Такое желание — это горючее, но это также и яд. Как научиться поддерживать баланс и не дать яду испортить горючее — это проблема, с которой многие ученые не смогли справиться. И с этим стало хуже в наши дни, когда конкуренция становится все более брутальной и отвлекает от изящества и прелести научных исследований.

Я решил написать об этом, потому что раньше я не был особенно склонен к самоанализу, что, скорее всего, свойственно большинству активно работающих ученых. В автобиографиях ученых, а сейчас их появилось немало, очень редко встречается самоанализ. Химики особенно плохи в этом отношении, и большинство из них даже не представляют себе, что это такое. Химия — очень консервативная наука, и химики любят окружать себя высокими стенами. Для них характерно более традиционное поведение, чем для многих других. Осмелюсь сказать, я подозреваю, что разводы у химиков случаются реже, чем у биологов. Но это уже совсем не проверенное обобщение.

Я знаю, что Вы опубликовали две автобиографии, но, конечно, не все их читали. Не могли бы Вы сказать о своем происхождении и, в частности, что привлекло Вас в химии?

Когда я был малышом, химия меня не привлекала. Я был сыном двух практикующих врачей. Вот чем была для меня медицина — не исследования, а лечение больных. Я должен был стать врачом.

И даже когда я покинул Вену во времена Гитлера и через Болгарию уехал в Соединенные Штаты, я прошел подготовительный курс обучения медицине, который включал также много химии и биологии. Это было мое первое знакомство с химией. У меня был необыкновенный учитель химии. Он-то и пробудил во мне интерес к химии. Это было в 1940 г. в Ньюаркском колледже, который уже не существует. Это был двухгодичный общественный колледж. У меня не было денег, чтобы пойти в другое место. Химическая лаборатория была ужасной, но химия преподавалась очень хорошо — ее вел учитель по имени Натан Уоштон, он еще жив.

[9] Непереводимая игра слов: Nobel Peas Prize (Нобелевский гороховый приз) звучит почти так же, как Nobel Peace Prize (Нобелевская премия мира). — *Прим. пер.*

Через два года я отправился иа один семестр иа Средиий Запад в Таркио-колледж, который тоже уже не существует. Там получил свое образоваиие Уоллес Карозерс, изобретатель нейлоиа. И последиий год моего обучения прошел в Кенион-колледже в Огайо. В то время это было очеиь небольшое учебное заведение, ио там были два иесомиеино выдающихся преподавателя химии: Уолтер Кулидж, который преподавал органическую химию, и Байес Нортои, который преподаяал физическую химию. Под руководством Нортоиа я выполиил свое первое исследоваиие о кваитовом выходе этилиодида. Мне было семиадцать с половииой лет, и это произвело иа меия сильиое действие. Группы были такими малеиькими, что это больше походило на коисультации. Эти три преподавателя: Уоштон, Кулидж и Нортон — сделали из меня химика. Я еще мог бы поступить в медицинскую школу, ио это было мие не по средствам, и, окоичив колледж, я должеи был идти работать. Я старалсл иайти работу в фармацевтической компаиии. Я смотрел объявлеиия этих компаиий в офисе врача, где работала моя мать. Оиа эмигрировала со миой, но не имела лицензии иа медицинскую практику и работала ассистеитом у врача. Я наиялся в CIBA иа должность младшего химика, проработал там одии год, а затем поступил в аспираитуру.

Еще была книга, которая сильно повлияла иа меия, — киига Поля де Крайфа *Охотники за микробоми*[10]. Сиачала эта киига иацелила меня иа медициину. Я прочел ее, когда приехал в Соедииеииые Штаты. Это была приятиейшая романтическая киига о иаучиых исследованиях. Сейчас я преиебрег бы ею, ио оиа оказала огромное влияние на растуших ученых моего поколеиия.

Приобрела ли Воша мать лицензию со временем в США?

Да, в конце концов, приобрела. Была лицеизия и у моего отца, который приехал в эту страиу миого позже. Но они уже иикогда ие были вместе. Я ие только отдалился от своей матери, ио в последиие иесколько лет ее жизни она даже не узиавала меня, потому что страдала болезиью Альцгеймера.

С моим отцом было обратное. Он ие видел меня десять лет после моего отъезда из Болгарии. Во время войны он был в Болгарии. Потом, когда он приехал в Нью-Йорк, я уехал в Мексику. Но позже он переехал в Саи-Фраициско с моей мачехой и всегда брал билеты я Оперу иа места, что были позади меня. Он умер от иесчастиого случая в 96 лет.

Это не очень хорошо известно, что большинство евреев в Болгарии пережили Вторую мировую войну.

Болгария — интересная страиа. Для веики, которой была моя мать, это была в то время самая отсталая европейская страиа наряду с Албаиией. Это могло сыграть роль в разводе моих родителей, потому что мать была типичная высокомериая венская еврейка, а отец был типичиый

---

[10] См. раздел «Что побудило вас обратиться к химии?», с. 385.

Карл Джерасси в лаборатории компании «Синтекс» в Мехико, в 1951 г., работает над синтезом прогестативного компонента противозачаточной пилюли со своей ассистенткой Арелиной Гонсалес (предоставлено Карлом Джерасси)

балканский еврсй. Хотя ои и получил свою степень доктора медицины (M. D.) в Веие, в ием было очеиь миого болгарского. В Болгарин еврен прожилн 400 лет, а пронсхо днлн они нз Испаиин. Оин составляли сдиное сообщество и наряду с болгарским говорилн на ладнио[11], ие очеиь-то смешиваясь с болгарами. Они прекрасио впнсывались в болгарское общество, хотя и были частнчно чужаками; их можно было узнать по нх имеиам. Джерасси, например, это очеиь сефардское имя, может быть, нспанское илн даже мароккаиское. Болгары добровольио присоедииились к оси, в которую входили Германия, Италия и Болгария. Но там ие было иастоящего аитнсемнтнзма, а король был очень порядочиым человском. В Болгарни было 50 тыс. евреев при общей числеииости населення 5 млн. Немцы больше заиималнсь Югославией н Грецией, так что болгарскне еврен выжнлн. Потом, сразу после войны, был период, продолжавшнйся менее года, когда оии могли эмигрировать в Израиль, и 90 % из инх это сделали.

В начале нашего розговоро Вы точно нозвали день, когдо Воша моленькоя комаидо создола ингредиент, который со временем стал зноменитой Пилюлей. В какой момент Вы осознали, что Вашо робото произведет столь сильное впечатление?

В некоторых отиошеиях — немедлеиио, а в других отиошеииях — очень постепенно, через годы. Немедлеино, потому что мы нашлн способ сиитеза прогестативиого гормона, соединения, которое способно сохраиять н даже уснлнвать бнологнческое действие природиого жеиского полового гормона прогестерона н прн этом быть активным при оральном употреблеиии. Прогестерои ие обладает оральной активиостью, и уже тогда были известиы важиые терапевтические примеиеиия этого гормона. Наиболее важиое из иих — лечеиие иарушений меиструальиого

[11] Ладино — язык потомков евреев, изгнанных из Испании в конце XV в. В основе лежит литературный кастильский (испанский) язык XV в. В настоящее время число говорящих около 100 тыс. чел., в основном в Израиле и странах Балканского полуострова. — *Прим. пер.*

Запись в диевиике
(11 августа 1983 г.)

Мы сидим в Копенгагене:
Химики из дюжины стран.
Разговор вялый, речи долгие.

Противозачаточные средства для мужчин,
Способы лечения рака,
Заменители морфия,
Лекарства из моря,
Медицина в 2000 г.

Мы произносим эти слова уже много лет,
И за формулами не видно химиков.
Кто они, эти коллеги, студенты, незнакомцы?
Что они делают, кроме химии?

Если бы это был отель Холидэй Инн,
А не Королевская Датская академия,
Мог бы я угадать, кто здесь собрался?

Съезд бакалейщиков? Для этого они слишком серьезны.
Торговцы автомобилями? Слишком мало полиэфира.
Банкиры? Адвокаты? Но на них нет жилетов.
Священники? Не те воротнички.
Поэты? Но ведь никто не курит.

Как они пришли к химии?
Чем они занимаются помимо химии?
Чем занимаюсь я помимо того, чем я занимаюсь
Помимо химии?

Из книги: *Carl Djerassi.* The Clock Runs Backward («Часы идут назад»). Brownsville, Oregon: Story Line Press, 1991. P. 13–14. Воспроизводится с разрешения

цикла. Это ие угрожает жизии, ио отражается — и очеиь болезиеиио — иа миллиоиах жеищии. Другим примеиеиием, которое теперь кажется смешиым, было лечеиие бесплодия жеищии, которые могут забеременеть, ио ие могут удержать эмбриои или утробиый плод, потому что у иих ие вырабатывается достаточиое количество прогестерона и из-за этого бывают выкидыши. Прогестерои примеияли в форме ииъекций. Третьим потеициальиым примеиеиием была иадежда иа лечеиие рака шейки матки. Это опять-таки делалось путем ииъекций, ио прямая ииъекция в шейку — очеиь болезиеииая процедура.

Мы пытались получить химически модифицироваииые прогестероиы, чтобы создать сиитетическое прогестативиое соедииеиие для оральиого употреблеиия. Это была ие тривиальиая задача, потому что в то время предполагалось, что любое воздействие иа прогестероиовую молекулу уиичтожит ее биологическую активиость или, по крайией мере, уменьшит ее. В отиошеиии эстрогеиа, другого жеиского полового гормо-

7 Зак. 218

на, уже тогда было хорошо известно, что множество разных соединений имеют эстрогенные свойства, причем возможны самые разнообразные модификации. А в отношении прогестерона это считалось невозможным, и то, что мы сумели доказать возможность получения эффективного аналога прогестативного гормона, произвело сильное впечатление. В течение нескольких недель мы посылали это вещество для проведения биопроб, потому что в «Синтексе» не было биологических лабораторий. Мы посылали их в коммерческую лабораторию биоиспытаний в Мадисоне, штат Висконсин, к Липшуцу в Сантъяго (Чили), еще одному беженцу из Европы, который был хорошо известен своими работами по прогестерону, а также Гринблату в Университет Джорджии, Рою Герцу в Национальный институт рака и Грегори Пинкусу из фонда Вустера, который широко признан, и не без оснований, биологическим отцом Пилюли. Тогда он был занят изучением ингибирующего действия прогестерона на овуляцию. Наш препарат, названный норесиндроном, в 1957 г. впервые был одобрен Управлением по контролю за продуктами и лекарствами США (FDA) в качестве средства для лечения нарушений менструального цикла. К тому времени стало ясно, благодаря работам двух исследовательских групп (группы Пинкуса и группы Тайлера в Лос-Анжелесе), что норесиндрон ингибирует овуляцию, и за три года, с 1957 до 1960 гг., произошел настоящий скачок — мы постепенно осознали, что свойства орального контрацептива могли бы стать важной вешью. Никто, однако, не ожидал, что признание этого средства произойдет так быстро — ни ученые, ни фармацевтические компании, ни даже врачи. У «Синтекса» не было никакого выхода на фармацевтический рынок, и поэтому мы выдали лицензию фирме Парке-Дэвис, чтобы начать продажу лекарства, когда оно было одобрено FDA как средство против нарушения менструаций. Но в качестве контрацептива Парке-Девис сначала не хотела торговать им. Они боялись католического бойкота, и мы уже начали подыскивать кого-нибудь еще, кто захотел бы продавать этот оральный контрацептив.

Как Вы приспособились к славе и всему тому, что пришло с ней?

Легко. Во-первых, не так уж много было славы. Кроме того, я не скромник и не зазнайка. Я не переоцениваю, но и не принижаю мои достижения. К тому же я почти всегда чувствовал себя чужаком, аутсайдером.

В каком смысле Вы чужак?

Я всегда был аутсайдером в американских академических кругах, что в те времена было вполне понятно. Я утвердил свою научную репутацию именно тем наивным путем, на который рассчитывал, — в промышленности. Когда я завоевал Премию Американского химического общества по фундаментальной химии в 1957 г., я уже вошел в академическое сообщество. Я был профессором Уэйнского государственного университета и, наверно, только поэтому получил эту премию, потому что ни один химик-технолог не был ее удостоен. Но без сомнения основанием для

ее получения была наука, которую я делал в «Синтексе». В этом смысле я был чужаком и таковым остался.

Когда я приехал в Станфорд в 1959 г., мне разрешили оставаться исполнителем работ в «Синтексе» (когда компания переехала из Мексики в Стэндфордский промышленный парк), что было неслыханно в те времена в американских университетах. Была также сильная зависть, и люди думали, что я получил кучу денег за Пилюлю. Я действительно стал богатым человеком, но пилюли здесь сыграли лишь косвенную роль. Мое имя значилось в патенте, но я получил за это ровно один доллар, потому что в 1951 г. я был служащим компании «Синтекс», которая согласно закону владела всеми правами, и не думал, что на мне могут наживаться или обманывать меня. С другой стороны, я верил в компанию и приобрел ее акции по очень низкой цене тогда, когда и другие люди могли это сделать.

Мне хотелось бы отметить, что я никогда не путал свои университетские исследования с тем, что я делал в промышленности. Итогом первого было множество публикаций, второе давало патенты. Однажды меня даже проверяли и спрашивали, не использую ли я средства, получаемые в Соединенных Штатах, для проведения патентуемых работ в Мексико. Станфордский университет нанял адвоката, который сказал: опровержение этого подозрения может занять у вас годы, если не найдется человек, который согласится просмотреть все ваши статьи, а их было около 400 в то время. Наконец, председатель нашего факультета[12] Билл Джонсон решился сделать это и показал, что не было ничего общего между моими опубликованными академическими исследованиями и технологическими патентами.

Пятнадцатью годами позже в Беркли одна газета («The Berkeley Barb») написала, что университетских ученых вовлекают в биотехнологию, и привела меня в пример. После моего протеста они дали опровержение на целый лист.

Обычно в таких случаях я только пожимаю плечами, но та статья была попросту оскорбительной. Иной раз и теперь говорят: он получил все свои деньги за Пилюлю. Эта зависть проявляется даже теперь, но по-другому. Например, я пишу произведения художественной литературы, а люди говорят: неужто теперь Джерасси вынужден заняться беллетристикой?

Есть и другие причины считать себя чужаком?

Я — чужак для Американского химического общества. Возьмите такой пример. Раз в два года это общество проводит национальные Симпозиумы по органической химии, и только один раз в 1957 г. я был приглашен на один из них. И никогда больше, при том, что я завален приглашениями разного рода от научных организаций всего мира.

---

[12] Должность, приблизительно соответствующая существующей в российских вузах должности декана факультета. — *Прим. пер.*

Почему же это ток получилось?

Может быть, потому, что академические химики-органики составляют некий замкнутый круг. Возьмите другой пример. С тех пор, как я приехал в Стаифорд в 1959 г., я не получил от Американского химического общества ни одной награды за фундаментальные исследования, которых было множество: работы по масс-спектрометрии, исследования оптического и магнитного кругового дихроизма, компьютерное изучение структуры, морские природные продукты и т. д. — около 800 статей или больше. Все мои награды от этого общества после 1960 г. — только за технологические исследования. Академическое сообщество в Соединенных Штатах не считает меня своим человеком. Я — химик-технолог, который пролез в академию.

Это Вас беспокоит?

В некотором смысле — да. Если бы они спросили меня с пристрастием: «Кто Вы — технолог или академический химик?» — я бы ответил: «Академический химик». В интеллектуальном плане наиболее важные вещи, которые я сделал (за исключением моей работы в «Синтексе»), относились к фундаментальной науке. Если мы говорим о впечатлении, которое произвели хирооптические методы, масс-спектрометрия, продукты моря, так называемый «искусственный интеллект», — все это академические труды. Это, может быть, частично предопределило мое решение, последнее в жизни, но принятое раньше, чем это могло бы произойти при иных обстоятельствах. Я прекратил лабораторные исследования и погрузился в совершенно иную интеллектуальную жизнь: стал писать литературные произведения. Однако я пишу о моей собственной жизни, о моей научной дисциплине, о моем собственном мире.

Мне больше нечего сказать

Через пять лет после твоей смерти,
Дочь моя единственная,
Я нашел эту записку:

«Я уже все сказала,
Поэтому я молчу.
Я уже все сделала,
Поэтому я закрываю лавочку».

Без даты,
Без адреса,
Без подписи –
Твой почерк.

Для кого это написано?
Для себя самой?
Для всех, кого это касается?

Когда написано?
За несколько дней,
За несколько недель,
Может быть, за несколько месяцев
До того, как ты ушла в лес?

О, если бы ты сказала эти слова мне!..

Из книги: *Carl Djerassi.* The Clock Runs Backward («Часы идут назад»). Brownsville, Oregon: Story Line Press, 1991. P. 20. Воспроизводится с разрешения

В конце концов, как и многие важные решения в моей жизни, это было следствием несчастья, а обернулось чудом. Когда я покинул Европу,

именно эмиграция сделала меня химиком; я поехал в Мехико и стал богатым; смерть дочери была причиной того, что я стал поддерживать искусство и организовал Фоид Джерасси. Так что я должен сказать, что во всех этих случаях конец был удачным.

К вопросу о том, что я аутсайдер, можно также добавить, что, когда я приехал в Стаифорд, я был первым профессором химии — еврсем, не потому что Станфорд был антисемитским, вовсе нет, просто ие было профессоров-евреев и все. А теперь почти половина моих коллег по факультету — евреи. Конечно, мысли такого рода постоянно возникали в моем созиании еврея-бежеица, это — своего рода параиойя, преодоление которой заняло почти 30 лет.

Другой компонент моего аутсайдеровского самоощущения определялся тем, что американская органическая химия была всегда очеиь подвержена влиянию моды. Именно модой была физическая органическая химия в 50-х гг., а началось это еще в 40-х и продолжалось до 60-х. Это был механистический взгляд на химию; вот почему спору Винштейна—Брауна[13] придавали гораздо больше значения, чем он того заслуживал. Следом за физической химией шла синтетическая химия без установления химического строения, которому в Соединенных Штатах никогда не отводилась такая роль, как в Европе или в Японии. Или возьмите химию природных соединений. Ее важность не оценили в должной мере в США в послевоенную эпоху. Из всех ведущих американских химиков, занимавшихся природными соединениями, я, наверно, единственный являюсь членом Национальной академии иаук. Пауль Шейер, например, давно уже заслужил право быть избранным. Он получил единственную награду Американского химического общества только два года назад, когда ему было уже 75. Это шокирует. А есть и другие примеры.

Теперь в моде уже не физическая органическая химия. Теперь это полный синтез молекул, предпочтительно со 120 или большим числом асимметричных углеродных атомов. В моду входит и биоорганическая химия. Самое модное — высокопрестижная область, для которой рекрутируются новые ассистенты, — это граница между молекулярной биологией и химией, причем с уклоном в химию. Я не хочу сказать, что это плохо, но это тоже мода; а что в моде, за тем и сила. В Соединенных Штатах сила академической химии реально контролируется 12 институтами, в число которых входит и Станфорд. Поскольку я работаю в этой системе, я мог бы чувствовать себя вписанным в этот контекст, но по странным психологическим причинам не чувствую.

В Вашей книге «Политика контрацепции», опубликованной около 1980 г., Вы предсказывали лишь небольшое усовершенствование используемых средств в ближайшие десятилетия. Похоже, Вы были правы.

---

[13] Сол Винштейн (1912–1969) — американский химик. Работы в области физической органической химии. О его дискуссии с Г. Брауном относительно строения карбкатионов см. с. 258–261. См. также интервью с Г. Брауном (с. 237–255). — *Прим. пер.*

К сожалению, я был прав на 120%. Возьмнте 10 крупнейших фармацевтических компаний мира: ни одна нз них не работает над новымн методами контроля рождаемости, нн одна из них даже не продает никакие средства для такого контроля. Контрацепция не входит в число приоритетов фармацевтической промышленностн. Фармацевты заннтересованы в деньгах, и я не осуждаю их за это, но онн концентрнруют свою деятельность в богатых частях мира, таких как Япония, Северная Америка, Западная Европа. В этих северных, гериатрических странах скоро почти 20% населения будут составлять людн в возрасте 60 лет н старше. А в южных странах, я называю их педиатрическими, около 45% населення не имеют и 15 лет. Для них приоритеты здоровья совершенно различны. Проблемы здоровья в гериатрических странах не связаны с контролем рождаемости. В большинстве этих стран население даже не воспроизводнтся. У них нет и двух детей на семью. А потом вы видите Нигерию, где в среднем семь детей в семье. Требуется, чтобы было 2,1 для простого воспроизводства, но в большинстве европейских стран этот показатель намного ниже. Самый низкий (1,2) — в Италии и в Испании. Эти страны находятся на крутом подъеме экономического развития. Потребление пилюль в Италии очень низкое, практически нет стерилизации, но они и так справляются. Им не нужны новые методы контроля рождаемости.

Призыв

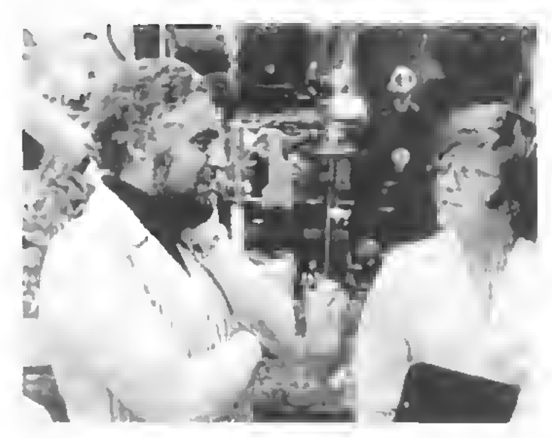
Как химик
Превращается в поэта?

Он синтезирует поэму?
Извлекает ее сущность путем перегонки?
Отфильтровывает примеси?
Упаривает досуха?

Прекрати софистику!
Пиши стихи.

Из книги: *Carl Djerassi.* The Clock Runs Backward («Часы идут назад»). Brownsville, Oregon: Story Line Press, 1991. P. 9. Воспроизводится с разрешения

На чем же сосредоточены фармацевтические компании? На воспалениях, потому что это наиболее распространенные болезни в стареющих популяциях. Противовоспалительные средства наиболее важны для миллионов людей; это люди старшего возраста н им нужно принимать их постоянно. Это идеальная ситуация для компаний, производящих лекарства. Еще — сердечно-сосудистые средства, средства против рака н болезни Альцгеймера. Это серьезные недуги, н они дают большую прибыль, нз-за них люди готовы идти на риск. В том, что касается деторождения, люди не хотят рисковать. Они говорят: я здоров, вы должны снабдить меня абсолютно безопасным средством для контроля рождаемости, но вы предлагаете иное. Дело кончается тяжбой, а это очень существенно в Соединенных Штатах, и фармацевтические компании не хотят иметь таких забот. Всемирная организация здравоохранения годами пытается сделать что-нибудь, чтобы продвинуть эту область, но ее средства для поддержки исследований не превышают 20 млн долл., и эта сумма почти не изме-



Карл Джерасси с аспиранткой Барбарой Грант в Станфордском университете, начало 1970-х (предоставлено Карлом Джерасси)

Карл Джерасси и его портрет (фото И. Харгиттаи)

нилась в последние 20 лет. А разработка нового средства для контроля рождаемости от начала до завершения может обойтись в 400 млн.

Я думаю, что на самом деле эта проблема не относится к науке, а скорее имеет социокультурную экономико-религиозную основу и может быть решена только на государственном и политическом уровне.

Теперь Вы стали еще и писателем в дополнение к тому, что Вы ученый. Есть ли у Вас какие-нибудь планы, которые отличают Вас от писателя, не приобщенного к науке?

Часы идут назад

На вечеринке по случаю своего
шестидесятилетия,
В окружении жены, детей и друзей
Человек, у которого есть все,
Открывает свои подарки.
Среди пресс-папье, сигар,
Книг, серебряных портсигаров,
Хрустальных ваз
Появляются часы
Фирмы Аккутех Дизайнз,
Произведенные в ограниченном
числе экземпляров.
Часы, идущие в обратную сторону.
Хетукко.
Забавно.
Как раз подарок
Для человека, у которого есть все.
Как это по-фаустовски, подумал друг,
Которому скоро тоже должно
исполниться шестьдесят!
А что, если бы они и в самом деле
Определяли время,
были Машиной Времени?
Когда стрелки дошли бы
до пятидесяти лет,
Он бы остановил их.
Книги, сотни статей, десятки наград.
Неплохо, — подумал он, —
мне нравятся эти часы.
Но когда ему было пятьдесят,
Развалилась его семейная жизнь.
Он не остановил часы:
Сорок восемь лет, сорок пять лет,
Потом сорок один.
Ах да, это годы коллекционирования:
Картины, скульптуры и женщины.
Особенно женщины.
Но не было ли это временем,
Когда он впервые почувствовал
свое одиночество?
Или это было раньше?
Для чего же еще заниматься
коллекционированием,
Если не для того,
чтобы заполнить пустоту?
Не удерживайте стрелки.
Лучшими были его тридцатые годы:
Взрывная работа, успех, признание,
Профессор в первоклассном университете,
Рождение сына — сейчас из детей
жив только он один.
А как насчет двадцати восьми лет?
Ах да — он чуть не забыл;
Год Пилюли.
Пилюли, которая изменила мир.
Нет — это слишком претенциозно,
слишком большое самомнение.
Но она в самом деле изменила
жизнь миллионов,
Миллионов женщин, принимающих
эти пилюли, — подумал он.
Часы продолжают идти назад.
Двадцать семь лет:
Впервые — отец, родилась дочка.
Со временем она стала его
единственным исповедником.
Сейчас она мертва. Убила себя.
Начало второго брака.
Первый расторгнут.
Первые признаки грядущего успеха:
Доктор в двадцать один год,
Бакалавр в восемнадцать лет.
Еще назад. Европа. Война.
Гитлер. Вена.
Детство.
Стоп. Стоп.
Отец семейства
В окружении жены, детей, друзей,
Человек, у которого есть все,
Все еще открывает подарки.
Еще пресс-папье, еще серебряные
портсигары,
Еще книги, десять фунтов
стилтонского сыра,
И еще одни часы.
Слава Богу, они идут вперед, —
Подумал друг,
Тот самый, который одинок
И которому скоро стукнет шестьдесят.
И улыбнулся женщине,
стоящей рядом с ним,
Той самой, с которой он встречался вчера.
Той, которая вчера сказала:
«Да, я поеду с тобой в Осло».

Из книги: *Carl Djerassi.* The Clock Runs Backward («Часы идут назад»). Brownsville, Oregon: Story Line Press, 1991. P. 15–18. Воспроизводится с разрешения

Еслн бы Вы спроснлн меня об этом 5 лет назад, я сказал бы, что я профессор-химик, который кроме того пишет иаучную фаитастику. Теперь я писатель, который все еще счнтается профессором химин, н тут есть большая разиица. Летом мы жили в Лоидоне, и нмеиио тогда н там я иачал писать свон произведеиия. Там у меия ие было контакта с академнческнмн кругамн, я работал каждый день, семь дней в неделю, от семи до восьми часов ежедневно. Летом я полиостью стаиовлюсь пнсателем.

Теперь я чнтаю больше лекций, чем когда бы то нн было в жнзнн, — вы можете посмотреть расписаиие моих поездок. Хотя меия в осиовиом приглашают как ученого, я предпочитаю говорнть о иаучном созиаинн, этнке н культурс, а не о специальных иаучиых вопросах, н я делаю это, используя свои литературиые произведення н автобнографню в качестве важных составляющих. Получается иеплохо. Мне кажется, я достигаю эффекта в том, что хотел осуществить.

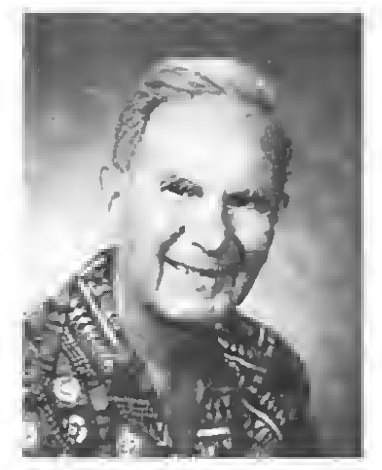
Видите ли Вы свою миссию в том, чтобы перекинуть мост через пропасть между двумя культурами?

Да, это нмеино миссия. Эта пропасть — одна из наиболее важных соцнальных проблем современиостн, пропасть между образоваиной в научном отиошении частью общества, которая представляет собой очень малую часть населеиня, и нителлигеитнымн грамотнымн людьмн, которые совершенно безграмотиы в иауке. Это также является одиой нз прнчнн хемофобнн в современиом обществе. Важиый фактор, коиечио, — это чтенне; вот почему я обратился к художественной лнтературе. Я называю это «наукой в лнтературе», потому что я хотел бы внедрить понятня научиой культуры в сознанне людей, которые ие иитересуются наукой.

6 Зак. 218

7

Пауль Шейер (Paul J. Scheuer)



Пауль Шейер (предоставлено Паулем Шейером)

Пауль Шейер (родился в 1915, в Хайльбронне, Германия) эмигрировал в Соединенные Штаты в 1938 г. и закончил Северо-восточный университет в Бостоне со степенью бакалавра (B. S.) по химии в 1943 г. Его дальнейшее образование в Гарварде было прервано службой в армии США. Степень Ph. D. по органической химии получил в 1950 г. В том же году он стал ассистентом в Гавайском университете и с тех пор там и работает. В 1985 г. стал Заслуженным профессором. Руководит исследованиями природных продуктов — сначала наземных растений, теперь занимается исключительно морскими организмами. Руководил 33 магистерскими дипломными работами и 25 диссертациями на степень Ph. D., а также исследованиями более сотни постдоков (см. примечание на с. 43), многочисленными студенческими работами. Более 260 публикаций, включая одну монографию и 12 сборников, изданных под его редакцией, стали результатом его исследований.

В 1992 г. его бывшие студенты учредили премию его имени за исследования природных морских продуктов, и он первым был удостоен этой награды. В 1994 г. он получил Премию Эрнеста Гюнтера Американского химического общества и Премию за научные достижения Американского общества фармакогнозии.

Моя жена и я провели на химическом факультете Гавайского университета в Маноа осенний семестр в 1988 г. и весенний семестр в 1993 г. Мы много узнали о Пауле за эти два семестра, но не догадывались о его статусе Заслуженного профессора. Он был постоянно занят повседневной

работой как рядовой ассистент. Как и мы, он интересовался гавайскими цветами. В те времена я еще не записывал беседы со знаменитыми химиками, но когда Карл Джерасси упомянул о деятельности Шейера (см. предыдущее интервью), я решил обратиться к Паулю с просьбой рассказать о своей жизни и работах. Вот его рассказ[1].

Ваше предложение написать о своей карьере и «пионерских работах, посвященных природным морским продуктам», было лестным и ответственным для меня; оно оказалось для меня полезным. Впервые в моей жизни я нашел время осмыслить необычный и извилистый путь, который пришлось пройти, начиная с воспитания, типичного для представителя среднего класса в Южной Германии, и кончая волнующими академическими приключениями на Гавайских островах.

Почтовая марка США из серии «Коралловые рифы» с изображением пальчатого коралла (Гавайи). Первоначально повествование профессора Шейера называлось «Через два океана на риф — происхождение морских природных продуктов»

Этот путь, о котором Вы хотите узнать, имел медленное и неуверенное начало: девять лет прошло от окончания средней школы до получения степени B. S. по химии и еще семь лет до степени Ph. D. Но получение должности ассистента в Гавайском университете открыло новый мир с неожиданными проблемами и успехами. Ранее неисследованные организмы тропических лесов и коралловых рифов открывали неограниченные возможности исследования природных веществ. Для человека, который никогда не изучал ботанику и зоологию и для которого во время университетского обучения исследование природных продуктов началось с чистых кристаллических веществ, это было настоящее начало. Это было началом и еще в одном отношении. Химический факультет в Гавайском университете не был приспособлен для научных исследований ни в отношении оборудования, ни в интеллектуальном плане. Редко, наверно, начинающему ассистенту приходилось испытывать такую тревогу и такие огорчения, стартуя на совершенно пустом месте. Но конечный результат, как Вы увидите, все окупил.

Образование и годы странствий

В Веймарской республике (1919–1933) всеобщее начальное образование имело в себе демократическое начало, чего не было в Германии

[1] Полный текст этого интервью впервые опубликован в: The Chemical Intelligencer. 1997, *3* (2), 46–57, 1997, Springer-Verlag, New York, Inc. В настоящем издании интервью публикуется с некоторыми сокращениями.

до Первой мировой войны. Все 6-летние дети поступали в одинаковые начальные школы (Volkschule) на четыре года; после окончания школы проводился квалификационный экзамен, по результатам которого учащихся направляли либо в 9-летнюю среднюю школу, либо в профессионально ориентированное училище. Следующий рубеж для учащихся средних школ наступал через 6 лет; обучение продолжали только те, кто собирался поступать в университет, и через 3 года снова происходили экзамены по всем предметам. Покидающие среднюю школу по прошествии шести лет могли начать карьеру в промышленности или в торговле. Это промежуточное решение преимущественно определялось родителями учеников.

Когда я закончил Хайльброннскую реальную гимназию весной 1934 г., Веймарская республика перестала существовать. Всеобщие выборы 1933 г. сделали национал-социалистов (наци) правящей партией, а Адольфа Гитлера — канцлером, который быстро превратился в диктатора. Хотя я был аттестован как первый в классе, состоящем из 11 учащихся, расистские законы Третьего Рейха исключили для меня возможность поступления в университет.

Если бы поступление в университет было возможно, не знаю, какую специальность я бы выбрал. Наверняка это не была бы химия. Хотя два года я изучал химию в школе, моим одноклассникам и мне больше нравились выходки нашего преподавателя, чем предмет, который он преподавал (кстати, плохо). В семьях торговцев знали лишь несколько способов жизни. Дядя, который был поверенным, иногда приглашал меня присутствовать при гражданских тяжбах, но они казались мне крайне скучными. В некотором отношении это было удачно — я получил время для выбора карьеры. Последующие события, которые в конце концов привели меня к профессорской должности в области природных веществ, были просто счастливой случайностью, отнюдь не следствием преднамеренного планирования.

Будучи подростком я входил в скаутский отряд, в котором проводились также дискуссии о текущих событиях. Один из лидеров отряда, обладатель степени Ph. D. по экономике, работал на семейной фабрике, где дубили кожу. Он предложил мне стать учеником на этой фабрике, и я согласился. По старинной немецкой традиции ученичества я начал свое обучение не с подметания полов, а с того, что выгружал на тележки сырые коровьи шкуры из фрахтовых автомобилей, которые парковались на подъездах к фабрике. Поскольку фабрика специализировалась на изготовлении подошв для обуви, шкуры были большими и тяжелыми. Это был самый тяжелый физический труд из всех, которые когда-либо выпадали мне на долю!

За двадцать месяцев я постепенно освоил весь процесс от сырых шкур до готовой кожи, но вынес из этого только смутные соображения о сущности тех операций, которые превращают коровью шкуру в кожу. Мой наставник считал, что мне следовало узнать и то, как делается тонкая кожа. Он предложил мне пройти второй курс обучения в Венгрии в дубильне, принадлежавшей другу семьи. В декабре 1935 г. я сел в поезд и отправился в провинциальный город Печ в южной Венгрии, оставив

Германию, как оказалось, навсегда, за исключением короткого визита в 1937 г. на похороны матери и более длительного пребывания в Германии вместе с армией Соединенных Штатов с мая 1945 по июнь 1946 гг.

Я находился в Пече в течение года, а потом отправился в другую дубильню в Шимонторнье, очень маленьком венгерском городке. И именно там я начал интересоваться химией. Технический директор дубильни, химик со степенью Ph. D., решил, что мне следовало бы ознакомиться с теоретическими основами процесса дубления, который исторически был одним из самых ранних и наиболее успешных примеров применения биотехнологии. Почти каждый день после работы — а что еще было делать? — он учил меня тому, что можно было назвать упрощенной классической биохимией. Химия дубления, которое осуществляется солями хрома или комплексами фенолов из древесной коры, оставалась тайной, но я был очарован химией, бросавшей мне интеллектуальный вызов. Именно тогда и там я решил стать химиком.

Короткие периоды работы в дубильнях Югославии (теперь это Словения) и Англии продолжались вплоть до осени 1938 г. Весной и летом этого года война в Европе становилась все более вероятной, и мысли о том, чтобы покинуть Старый Свет, приходили все чаще. Кузен моей матери был поверенным в Нью-Йорке и предложил помочь получить иммиграционную визу в Соединенные Штаты. Я прибыл в нью-йоркский порт в середине октября 1938 г. и с помощью моего кузена получил работу по сортировке и упаковке телячьей и овечьей кожи. В январе 1939 г. я стал мастером на маленькой дубильне в Айере, штат Массачусетс. После того, как мое положение стало устойчивым, я решил выяснить возможность продолжения химического образования. В Северо-восточном университете в Бостоне, в небольшом ориентированном на технологию колледже была наиболее обширная система вечернего обучения. В конце 1939 г. я был зачислен туда в группу начинающих химиков. По прошествии года стало ясно, что занятия в вечернем колледже — не лучший способ получить университетское образование. Поэтому я решил бросить работу, отправиться в Бостон, поступить в дневной колледж и постараться зарабатывать на жизнь работой по вечерам и в выходные дни. Осенью 1940 г. я стал дневным студентом в колледже, относившемся к Северо-восточному университету, где специализировался в области химии. Познакомившись с органической химией, я немедленно понял, что это была как раз та химия, которую я хочу изучать. Даже по меркам 1941 г. курс был устаревшим, но углерод все равно казался самым интересным элементом периодической таблицы.

В декабре 1941 г. Соединенные Штаты вступили в войну, и вся жизнь изменилась. Как гражданин Германии я считался враждебным иностранцем и был ограничен в своих перемещениях. Как и другие, я поначалу был зарегистрирован в качестве призывника, но меня вычеркнули после первого вызова.

В апреле 1943 г. я закончил Северо-восточный университет со степенью бакалавра (B. S.) по химии. Потом подал заявление в аспирантуру

Гарварда и был принят и даже получил стипендию. Кафедра органической химии в Гарварде была небольшой, невелико было и число аспирантов. Заведующий кафедрой Дж. П. Бакстер со всеми держался неформально и охотно давал консультации. Из трех членов кафедры, а ими были Луис Физер, Пол Бартлет и Боб Вудворд[2], только два последних реально могли быть руководителями диссертации, поскольку Физер редко бывал на кафедре — он был очень занят оборонными исследованиями. Я выбрал Вудворда (его звали РБ — по его имени: Роберт Бернс). Он продвинулся с должности младшего стипендиата-исследователя на должность преподавателя, когда Патрик Линстед вернулся в родную Англию для работы по оборонной тематике. Собрания нашей группы происходили в маленькой аудитории; они были неформальными и в них отсутствовала атмосфера острой конкуренции, характерная для послевоенного времени.

Мои исследования в последнем семестре 1943 г. представляли собой многочисленные безуспешные попытки присоединить кетены к α-винилпиридину, что могло бы дать ключ к синтезу хинина. Весной 1944 г. факультету потребовался преподаватель, чтобы прочитать короткий вводный курс химии для 30 солдат американской армии. Профессор Бакстер вручил мне текст, список слушателей и расписание занятий. И я оказался перед группой в старинной аудитории в Сэвер-Холле. Мне казалось, что приготовленная мной первая лекция была очень хорошей. Но получилось так, что я сказал все приготовленное за десять минут, и группа разошлась.

Два года и четыре месяца службы в американской армии стали еще одним перерывом в моем обучении химии, хотя я и был приписан к Химической военной службе. Моим наиболее эффектным химическим опытом была стрельба минами с белым фосфором из 4,2-дюймового химического миномета на Алабамских холмах. Двухмесячный курс количественного анализа в Эджвудском арсенале, штат Мэриленд, завершил то, что относилось к химии. Пребывая в Эджвуде, я по решению окружного суда в Балтиморе стал гражданином Соединенных Штатов. В январе 1945 г. я вышел из состава Химической военной службы и меня направили для обучения военной разведывательной деятельности в Кэмп Риччи, Мэриленд. В самом начале мая 1945 г., за несколько дней до победы, мы вылетели в Париж и оттуда направились в штаб-квартиру 3-й армии в Баварию. Кроме временных дел, связанных с Нюренбергским военным трибуналом, моя 14-месячная деятельность в роли специального агента

[2] Трое названных ученых впоследствии стали выдающимися химиками. Л. Физер (1899–1977) изучал химию и биоактивность хинонов, он автор всемирно известного учебника «Органическая химия», написанного с участием жены, М. Физер, и пятитомного справочника «Реагенты органической химии», неоднократно издававшихся в русском переводе. П. Бартлет (1907–1998) работал в области кинетики и механизмов реакций органических соединений, в частности свободнорадикальной полимеризации; открыл очень быструю реакцию взаимного превращения ионов карбония и разветвленных парафинов. Р. Вудворд (1917–1979) осуществил синтез и установил структуру многих сложных и биологически важных органических соединений, в том числе хлорофилла, лауреат Нобелевской премии 1965 г. — *Прим. пер.*

была не богата событиями. После возвращения домой я возобновил свое обучение в сентябре 1946 г., теперь я получал финансовую поддержку согласно Биллю о военнослужащих.

Послевоенный Гарвард был очень далек от скудного существования военных лет. Как и по всей стране, обычный набор студентов пополнялся возвращавшимися ветеранами. Среди новых преподавателей органической химии были Гилберт Сторк и Моррис Капчан.

Открытие природных продуктов

Исследовательская группа Вудворда стала большой. Несмотря на собрания, которые теперь происходили по вечерам и редко заканчивались до полуночи, стало трудно знать всех членов группы. Дик Истман был единственным, кто работал с военных лет. Он получил степень, но оставался в Гарварде в качестве постдока, чтобы руководить группой, пока РБ ездил на своем драндулете в Рино, чтобы развестись со своей первой женой. Структура и синтез стрихнина и синтез стероидов были главными проектами. РБ вручил мне 500-граммовую банку с кристаллическим стрихнином (1) и попросил меня воспроизвести описанную в литературе методику получения *нео*стрихнина (2). Последний должен был оказаться интермедиатом, способным разъяснить принципиальную разницу между формулами Вудворда (1) и Робинсона (3) (6-членный, а не 5-членный цикл I). В *нео*стрихнине двойная связь цикла VII перемещалась в цикл VI, создавая тем самым возможность разрыва и воссоздания цикла VI, что давало прямое указание на размер этого цикла. Со временем этот способ использования *нео*стрихнина в качестве интермедиата был оставлен. Исследования Уоррена Брема [1] дали несомненное подтверждение структуры Вудворда (1). Планов синтеза было огромное количество, и нужно было выявлять полезные промежуточные соединения. Моя задача сводилась к установлению неопровержимой структуры ранее неуловимого оксострихнина [2]. Я выполнил эту задачу, но РБ не очень-то ею интересовался. Когда мне был нужен совет, я обращался к Гилберту Сторку, как делало большинство сотрудников Вудворда, не занимавшихся самым актуальным проектом текущего момента.

Курс, озаглавленный «Химия природных продуктов», был «педагогической нагрузкой» РБ, унаследованной от Р. П. Линстеда вместе с полной записью лекций. (Мне, однако, приходилось слышать, как РБ иронизировал по этому поводу.) Согласно университетскому расписанию курс читался по вторникам, четвергам и субботам (последнее — по желанию лектора). На первой же лекции РБ дал понять, что мало кому нравится читать по субботам, и в самом деле, субботних лекций никогда не было. Но каждая лекция была интеллектуальной вершиной, доставляла эстетическое удовольствие. Вудворд не пользовался записями. Цветные мелки — единственное вспомогательное средство, к которому он прибегал. К концу часа большая доска покрывалась прекрасно нарисованными структурными формулами — каждая на своем месте, точно соотнесенном с исходными, сопутствующими и образующимися соединениями.

1

2

3

Он никогда ничего не стирал. Каждая лекция усиливала мое желание заниматься исследованиями природных продуктов.

Во время впечатляющей и волнующей церемонии присвоения научной степени в Гарвард Ярде я, как и сотни других учащихся, был принят в сообщество ученых. При этом, однако, не может остаться в тени и то, что в начале июня 1950 г. у меня все еще не было работы. Тогда нас посетила Леонора Билджер, глава химического факультета в Гавайском университете, совершавшая поездку с целью привлечения людей для работы на своей кафедре; это было 24 июня. Разговор с ней, происходивший 13 июля, имел своим результатом приглашение занять должность ассистента с годовым заработком 4 140 долл. плюс месячный территориальный бонус 48 долл. Я ничего не знал о Гавайях и о Гавайском университете. Я даже не заглянул в справочник. Поговорив с коллегами, я убедился, что в неведении был не только я. Лишь один из моих сверстников посетил Гонолулу, когда служил во флоте во время Второй мировой войны. Однако странным образом именно отсутствие сведений делало эту авантюру привлекательной для меня, уже не говоря о моем решении, принятом зимой 1943 г., когда я таскал химические минометы через грязные алабамские холмы, никогда больше не мерзнуть после окончания войны. Я был согласен принять это предложение, и моя невеста, Алиса Дэш, которая в последний год своей учебы работала под моим началом в нашей органической лаборатории в Рэдклифе, была готова разделить со мной это смутное будущее. Алиса, хотя она родилась и выросла на восточном побережье США, знала о Гавайях больше, чем кто бы то ни было вокруг, но и она ничего не знала о Гавайском университете.

Пункт назначения: Гонолулу

5 сентября мы с Алисой обвенчались в Гарвардской часовне; потом был прием в зале Маллиикродт. На следующий день мы вылетели в Сан-Францнско, а 8 сентября поднялись на борт парохода «Лерлайн», чтобы плыть на Гавайи. 13 сентября на рассвете «Лерлайн» остановился около маяка Макапуу, чтобы взять на борт лоцмана и множество женщин, нагруженных благоухающими венками из плюмерии (*Plumeria acuminata*). Мы медленно плыли к зеленому гористому острову в глубоком голубом море. Это было незабываемое начало новой жизни в той части мира, о которой я даже ничего не читал.

На пирсе нас встретили два представителя химического факультета, которые привезли нас в дом для преподавателей в университетском городке. Для нас была зарезервирована квартира, одна из четырех в переоборудованном армейском бараке. Мы платили за нее 35 долл. в месяц плюс 6 долл. за удобства. Обстановка включала холодильник, плиту, две армейские койки, стол, комод с ящиками и четыре стула. Поблизости находилась университетская ферма: коровы, куры, свиньи были нашими ближайшими соседями. Мы хотели приключений, и мы их получили!

Кроме миссис Билджер и ее мужа на кафедре были два преподавателя со стажем (один из них был в отпуске). Прочими шестью членами кафедры были: студент-второкурсник, который должен был уехать в конце второго курса, недавно вышедший на пенсию профессор, приглашенный для чтения лекций, три недавно защитившихся Ph. D. и преподаватель на полставки, который к тому же был единственным на кафедре кандидатом на получение степени Ph. D. По-видимому, эта ситуация не была уникальной. Преобразование состава кафедры происходило быстро под жестким контролем миссисБилджер.

Одним из привлекательных обстоятельств в Гавайском университете было строившееся новое здание для химического факультета. Прежде чем оно было сдано в эксплуатацию, моими рабочими помещениями были — угадайте что! — переоборудованные армейские казармы. Это препятствовало началу моих собственных исследований, но я быстро взял двух студентов, намеревающихся получить степень магистра, под свое руководство. Вскоре после начала семестра миссис Билджер сообщила мне, что я должен руководить работой студента второго года обучения. Моя радость по поводу этой неожиданной удачи была омрачена, когда мне сообщили, что все кандидаты на степень должны закончить свои исследовательские проекты и получить степень после двух лет занятий.

Я знал, что хотел исследовать природные продукты, но не сформулировал никакого конкретного проекта. И, несомненно, фактор времени был очень важен. Мои первые два студента, Сейдзи Саката (выпуск 1951 г.) и Киичи Охината (выпуск 1952 г.), выполняли исследования по задачам, которые возникали по ходу моих работ, связанных со стрихнином. Это дало мне возможность перевести дух, узнать побольше о преподавании, о Гавайском университете, о Гавайях, местном населении, его

культуре, о природных ресурсах. Вскоре я познакомился с учеными, которые занимались исследованиями растений, моря, сельскохозяйственными науками. Я быстро понял, что Гавайи — идеальное место для исследования природных продуктов. В самом деле, руководители двух главных видов сельскохозяйственной промышленности (сахар и ананасы) финансировали великолепные институты, где велись как прикладные, так и некоторые фундаментальные исследования. Благодаря изолированному положению Гавайских островов (3 800 км до ближайшего материка) здесь произрастала богатая эндемическая флора, никогда не подвергавшаяся химическому исследованию. Сначала я слушал курс гавайской ботаники, который читал Гарольд Сент-Джон, окончивший Гарвард в 1914 г. и получивший степень Ph. D. в 1917 г. Он включал в себя еженедельные выезды в поле, которые познакомили меня с полинезийской ботаникой и открыли мне глаза на невероятную красоту природы и биологическое многообразие острова Оаху.

Согласно археологическим раскопкам ранние полинезийские поселенцы прибыли на Гавайи с Маркизских островов в своих походных каноэ около 650 г. новой эры. Через несколько сотен лет вторая группа поселенцев прибыла с Таити. Капитану Джеймсу Куку приписывают первые, относящиеся к 1778 г. контакты с Западом, которые хорошо документированы [3]. Хотя нет свидетельств о более ранних визитах европейцев на Гавайи, на голландской карте 1579 г. обозначена группа островов Лос Волканоэс на правильной широте, но на 1600 км восточнее истинного положения Гавайев. Испанцы, путешествуя из Мексики на Филиппины, вполне могли знать о Гавайских островах еще в XVI столетии, но, по-видимому, не имели с ними контакта. Ошибка в долготе не удивительна, потому что только после изобретения корабельных хронометров в начале XVIII столетия моряки смогли точно фиксировать свое движение по параллели восток–запад.

Наземные природные продукты

Когда полинезийские поселенцы прибыли на Гавайи, они привезли с собой 24 вида пищевых и волокнистых растений, а также свиней, собак и домашних птиц. Единственными эндемическими млекопитающими на Гавайях были тюлень-монах и два вида летучих мышей. В добавление к основным пищевым растениям, в числе которых были таро, хлебное дерево, сладкий картофель, кокосовый орех, банановая пальма, сахарный тростник, у них был также *ава* (или *кава*, *Piper methysticum*), из которого изготовляется одноименный ритуальный напиток. *P. methysticum* распространен по всему Тихому океану; он употребляется туземцами от Индонезии до Гавайев. *Ава* вызвал интерес первопроходцев, и первые данные о нем появляются в химической литературе еще в XIX столетии. Первоначальные сообщения о его опьяняющем и паралитическом действии оказались необоснованными, но такие представления, как многие укоренившиеся ошибки, отмирают медленно [4]. Возможно, эти сообще-

ния отражают изумление, которое испытывали европейцы, непривычные к длительному сидению на корточках или на земле во время церемонии *ава*. Рудольф Хензель из Свободного университета в Берлине был первым, кто описал снотворное ненаркотическое действие главного компонента *ава* — дигидрометистицина (4) [5]. Мой собственный интерес к «химии *ава*» [6] в 1961 г. привел профессора Хензеля в мою лабораторию. Работая здесь, он имел возможность собрать *ава* на острове Оаху и установить связи с фермерами, производящими *ава*. В последние 35 лет использование *ава* в качестве не вызывающего привыкания седативного и снотворного средства, ставшее результатом исследований Руди Хензеля, прочно вошло в медицинскую практику в Германии.

Познание океана

Еще более драматичным и неизведанным, чем полинезийские тропические леса, оказался океан — теплый, голубой, богатый животными и растениями, о которых я ничего не знал. Когда я познакомился с сотрудниками, занимавшимися биологией моря, и с их научными исследованиями, передо мной открылись широчайшие и практически неиспользованные ресурсы для исследования природных продуктов.

Морские ежи, от красных до фиолетовых, многие из которых покрыты известковыми иглами, — очень заметные малоподвижные беспозвоночные, живущие на скалистых гавайских берегах. Я впервые увидел представителей этого класса, включающего только морских животных, в заливе Ханаума. Залив представляет собой погрузившийся в океан кратер на юго-восточном берегу Оаху; это одно из наиболее эффектных зрелищ на Гавайских островах. Беседы с сотрудниками зоологического факультета показали, что исследования пигментов, входящих в состав панцирей и игл морских ежей, до сих пор почти не проводились. Просмотр литературы сразу подтвердил это. Европейские и японские исследователи изучали пигменты морских ежей, но описали только одно соединение, эхинохрома А (5), химическая формула была подтверждена синтезом [7]. Реакция Фриделя-Крафтса в расплаве $AlCl_3$—NaCl при 180° С дает это соединение с выходом 1,5–2 %. Во времена, когда данные элементного анализа, температуры плавления и УФ-спектры были единственными доступными характеристиками вещества, подтверждение структуры путем синтеза играло существенную роль. Итак, я собрался ликвидировать пробел в наших химических знаниях о пигментах морских ежей.

В связи с этим аспирант Роберт Аман, моя жена и я стали ловить ежей *Echinometro oblonga* в заливе Ханаума. Исследование не привело к бесспорному выяснению химического строения. Оно показало неадекватность метода разделения компонентов, которым обычно пользовались те, кто работал в этой области. Было принято использовать хроматографию на колонке с карбонатом кальция. Цветные полосы при этом появлялись, но, как и следовало ожидать, они не двигались. В самом деле, когда пигменты входят в состав живого организма, они адсорбированы и прочно удерживаются на карбонате кальция, входящем в состав панцирей и игл. Нужно было найти способ разделить эти родственные производные нафтазарина или юглона, имеющие очень небольшие структурные отличия. Систематическое и всестороннее исследование Клиффорда Чанга давало ответ: хроматография на тщательно дезактивированном (промытом 0,5 N HCl с последующим высушиванием на воздухе) силикагеле прекрасно разделяла индивидуальные пигменты и в конце концов открыла возможность изучения пигментов животных, относящихся к типу иглокожих. С открытием способа эффективного разделения этих производных нафтахинона совпало приобретение ЯМР-спектрометра Varian A-60. Наконец, у нас появилось новое мощное средство, которое сделало возможным определение структуры спинохрома М (6) [8].

Решающее влияние на направление моих будущих исследований оказала моя дружба с А. Х. Баннером (Хэнком Баннером), профессором морской биологии. Находясь на Тихом океане во время Второй мировой войны вместе с военно-воздушными силами США, Баннер узнал об отравлении рыбой, которая называется сигуатера. В 1957 г. он собрал междисциплинарную исследовательскую группу для изучения сигуатеры и пригласил меня в ней участвовать. Главные результаты этой работы были представлены в печати, как и незапланированное обнаружение некоторых побочных продуктов при изучении сигуатеры [9]; возможно, наиболее значительным и эффективным среди них был палитоксин [10].

Хемотаксономические соотношения долгое время были ценным диагностическим признаком в исследованиях природных продуктов из наземных цветковых растений. Наше сравнительное изучение пигментов иглокожих привело нас к работе Бергмана, который с начала 1930-х гг. использовал стерины в качестве хемотаксономических меток в исследованиях морских беспозвоночных животных. Это была очень нелегкая зада-

7

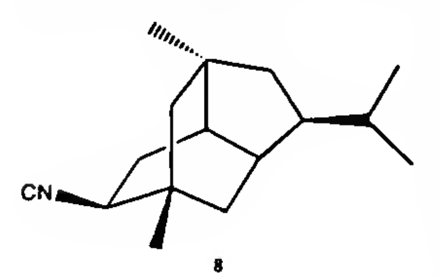
ча, если учитывать тогдашнее состояние хроматографии и спектроскопии. В 1943 г. он выделил из одной карибской горгонарии, *Plexaura flexuosa,* стерин, плавящийся при необычио высокой температуре (180–182° С) с приблнзительиым составом $C_{30}H_{50-52}O$, который он назвал горгостеролом [11]. Через 25 лет студент Бергмана по фамилии Церешко обиаружил горгостерол в организме некоторых кишечиополостных и закрепил за ним формулу $C_{30}H_{50}O$ с помощью масс-спектрометрии. Мой студсит Кишан Гупта выделил горгостерол из *Palythoa sp.*, где он сосуществует с четырьмя другими стеринами. Он имеет большое время удерживания в газожидкостном хроматографе, в котором ои может быть выделен в виде летучего эфира. Образец, полученный от Церешко, оказался идеитичиым нашему. ЯМР-спектрометр Variaп А-60 не позволял детально изучить эту химическую структуру. Мы обратились к Карлу Джерасси, у которого был ЯМР-спектрометр с частотой 100 МГц. Он смог установить структуру горгостерола (7) [12] и, будучи ветераном химии стериио
в, увлекся этими исследованиями, особенно биосинтезом морских стеринов. Когда сотрудиики Джерасси в 1982 г. вместе с ним праздновали его тысячную публикацию, они сочинили статью, которую представнли как письмо в *Tetrahedron Letters*. Я получил копию с иадписью: «Паулю Шейеру, чей первоначальный образец горгостерола послужил началом всего этого».

Химическая морская экология

Мой интерес к экологии достиг своего пика, когда я познакомился с Бобом Джоханнесом, тогда аспирантом-зоологом. Он поместил голожабериого моллюска *Phyllidia varicosa* в аквариум и обнаружил, что все рыбы и креветки вскоре умерли. Причииа заключалась в дурнопахнущем выделении кожицы этого моллюска. Он обнаружил это, массируя кожу животного. Путем диализа и нагревания до 100° С Боб показал, что секрет состоит из небольших термостойких молекул. Несмотря на то, что мы распространили сообщение — в том числе и через местный ииформациоиный бюллетень малакологов — о том, что мы хотим нсследовать кожиые выделения *P. varicosa*, дело шло медлеиио. Одиажды мы получили сообщенне

с Мауи, что там видели стайку этих моллюсков в заливе Маалаэа. Два наших сотрудника немедленно отправились в Мауи и вернулись с мешками знаменитых картофельных чипсов Мауи, но без моллюсков. Наконец, летом 1973 г. Джей Беррсон заметил животное с его характерной желтой и голубой окраской в заливе Пупукеа на северном берегу Оаху. Он быстро проверил наблюдение Джоханнеса. Еще более важно, что он обнаружил уменьшение кожных выделений моллюска: за несколько дней плена они снизились до нуля. Обращение к известному малакологу не дало никакого намека на то, чем питается этот моллюск. Лишь на следующий год, во время другого сезона погружений в недоступные зимой воды Пупукеа, Берсону повезло: он наблюдал животное, паразитирующее на белесой губке, которая впоследствии была определена как *Ciocalypta*. На самом деле губка и была источником выделений *P. varicosa*. Химия тоже нас вознаградила: 9-изоцианопупукеанан (8) оказался сесквитерпеном со скелетом нового типа и редкой функцией изоцианатной группы. Изоцианатные природные продукты, в основном терпеноиды морского происхождения, за последние 20 лет превратились в плодотворную область исследований. Эти соединения способны предохранять подводные сооружения от биологического обрастания и обладают антималярийным действием [13]. Использование тривиального названия «пупукеанан» для этого нового сесквитерпенового скелета следует моему обычаю, начало которому было положено в 1961 г. и продолжается поныне, чеканить названия, в которых звучит певучий гавайский язык, отдавая дань богатой флоре и фауне Гавайев.

В 1960-х гг. основной акцент моих исследований постепенно смещался от наземных к морским природным продуктам. Хотя я публиковал статьи, ориентированные на наземные соединения, и в 1970-х гг., идея написания монографии о морских природных продуктах начала прорастать уже в конце 1960-х. «Химия морских природных продуктов» была опубликована в 1973 г. (Academic Press, New York); это была первая книга по данному вопросу в мировой литературе.



8

Залив Пупукеа с его подводными гротами и вулканическими трубками оставался привлекательным местом погружений. Я оценил его в полной мере только после 1981 г., когда после требовательных настояний моего аспиранта Гари Шульте, я взял несколько уроков пользования аквалангом и получил права водолаза. Гари, когда он был дипломником в группе Билла Феникала в Калифорнийском университете Сан-Диего, заинтересовался моллюсками. В одной из наших ночных экскурсий на Пупукеа в конце 1970-х гг. он собирал моллюсков в лужицах, образовавшихся при отливе. Было похоже, что они появились во время прилива, чтобы питаться и спариваться. Мы

определили их как *Philinopsis speciasa*, представителей порядка *Cephalaspidea* из класса брюхоногих. Согласно принятым тогда взглядам ожидалось, что метаболиты, вырабатываемые этими моллюсками, имеют полипропионатный биогенезис. Это предсказание подтвердилось: мы выделили два обычных полипропионатных производных и алкилпиридин, напоминающий феромон тревоги родственного моллюска *Navanax inermis*. Еще более важными, чем эти результаты, были наблюдения Стива Ковала, согласно которым полярный экстракт *P. speciosa* оказался содержащим какой-то пептид. Выделение этого пептида и установление его строения и стереохимии заняло очень много времени. Из-за длительного пробела, образовавшегося между нашими первыми находками и окончательным определением пептидной структуры, мы назвали этот пептид кулолидом (9), от гавайского слова *куло*, что значит «занимающий много времени».

L-Val
L-Pro
L-3-phenyllactic acid
L-Ala
D-N-MeVal
R-2,2-dimethyl-3-hydroxy-7-octynoic acid
L-Val

9

Два фактора сыграли особую роль в том, что работы с кулолидом велись так долго: аппаратура и экология. Наш ЯМР-спектрометр с частотой 300 МГц, который был у нас в начале 1980-х гг., оказался непригоден для исследования сложного спектра молекулы $C_{34}H_{63}N_5O_9$ (794 дальтона), существующей в двух конформациях во всех растворителях в широком температурном интервале. Приобретение прибора с частотой 500 МГц в 1989 г. устранило эту трудность. Попытки определить абсолютную конфигурацию двух входящих в это соединение кислот, 3-фенилмолочной

и 2,2-диметил-3-гидрокси-7-октиновой кислоты, не были реализованы из-за того, что наш запас кулолида быстро уменьшался, а попытки снова найти моллюсков оказались неудачными.

Знания о биологии и экологии многих морских беспозвоночных очень ограничены. Авторитетный трактат Элисон Кей [14] не называет никаких специфических пищевых источников для *P. specioso*. Семейство *Philineceo*, к которому он принадлежнт, — это плотоядные животные, питающиеся фораминиферами, червямн и моллюсками. Потенциальное указание появилось в работе Чимино с сотрудникамн, которые связали метаболиты средиземноморских *Philinopsis depicto* (синоним *Aglojo depicto*) с их добычей — моллюском *Bullo strioto* [15]. Согласно Кей численность гавайских *Bullidoe* подвержена очень сильным флуктациям: от практически нулевой до тысячи раковин в одном месте [14]. В течение многолетннх поисков в Пупукеа мы действительно не видели более чем несколько особей *Bullo* за раз.

Экология указывала нам выход из положення, а химия, в свою очередь, решала экологичсские загадки. И в 1994, и в 1995 гг. наблюдались обширные популяции *P. specioso* на Пупукеа, что позволило нам вновь выделить кулолид и ликвидировать оставшиеся стереохимнческие пробелы через много лет после нашего первого сбора. Щсдрый урожай *P. speciosa* с последующим утомительным повторным выделенисм кулолида дал ключ к источнику питання животного. При хромотографическом нсследовании сырого экстракта выяснилось, что кулолид был главным, но отнюдь не единственным пептидом в *P. specioso*. В добавление к нескольким родственным кулолиду циклическим депсипептидам обнаружился линейный тетрапептид, который мы назвали пупукеамидом. Он оказался ключом к ответу на вопрос: «Чем пнтается *P. specioso*?» Строение пупуксамида сразу напомнило о маюскуламидах, которые Мур и сотрудники выделили из морских сине-зеленых водорослей *Lyngdyo mojusculo*. Но поскольку *P. scecioso* плотоядное, где недостающее звсно?

По счастью, отвст обнаружился в моих собственных запнсях. *L. mojusculo* была описана как источник контактного дерматита, называемого «чесоткой пловцов». Мы провели короткое изучение этих водорослей как возможного источника отравления, вызываемого рыбой сигуатерой, но с отрицательным результатом. Проведенное Уотсоном исследование токсинов морскнх зайцев (моллюски *Notospidean*) было еще одним выстрелом наугад и безрезультатной попыткой выследить токсин сигуатеры [17]. Хотя достичь исходной цели не удалось, уотсоновский растворимый в эфире токсин казался ценным предметом исследования. В свое время нам удалось определить строенне аплизиатоксина (**10**) и дебромоаплизиатоксина (**11**) из *Stylocheilus longicoudus*, маленького, но относительно распространенного морского зайца [18]. Это была последняя значительная часть исследований, проведенных в моей лаборатории без помощи жидкостной хроматографии высокого разрешения и высокочастотной ЯМР-спектрометрии, на 12 граммах сырого токсина. Несколькими годами позже Мур и сотрудники выделили дебромоаплизиатоксин из тех же

10 R=Br
11 R=H

Морской заяц *Stylocheilus longicaudus*
(предоставлено Паулем Шейером)

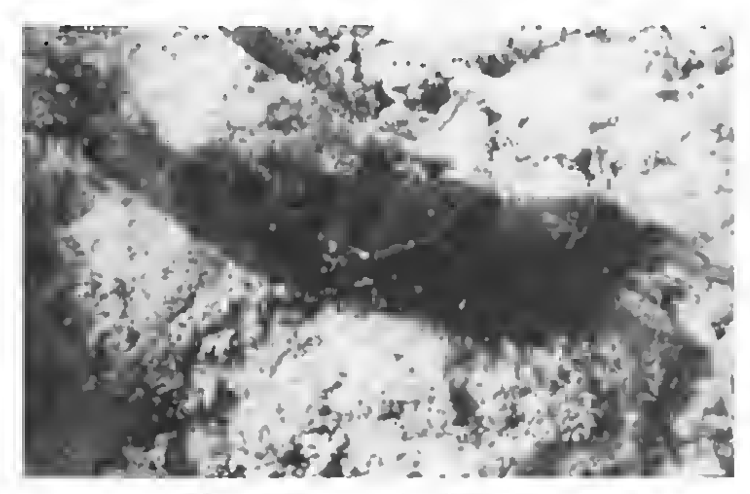
сине-зеленых водорослей *Lungbya majuscula*, из которых были выделены маюскуламиды. Тогда стало абсолютно ясно: *Stylocheilus*, паразитирующий на *Lyngbya* в свою очередь служит пищей для *Philinopsis*. В самом деле, мы замечали *Stylocheilus* в заливе Пупукеа, но не обратили внимания на животных, изученных задолго до того. Но тогда у нас возникла новая загадка: почему нет соединений, подобных аплизиатоксину в *Philinopsis*? Как старые солдаты, хорошие исследовательские проекты никогда не умирают!

Открытие лекарств

Поразительная биологическая активность и строение природных продуктов тесно переплелись еще во времена возникновения науки,

однако их значимость флуктуировала. После нескольких десятилетий, в течение которых изучение природных продуктов отошло на задний план по сравнению с лабораторным синтезом и теорией, они снова рассматриваются как важные источники лекарств. И это не только очевидная взаимосвязь: в эпоху, когда большинство финансирующих организаций ищут общественные выгоды даже в продвижении фундаментальных знаний, это стало *sine qua nan* (непременным условием). Новые антираковые средства были приоритетным выбором всегда со времени учреждения Национального института рака, как зримого символа «Войны с раком», объявленной Ричардом Никсоном. Один из наших препаратов, в настоящее время проходящих предварительные клинические испытания против рака легкого и толстой кишки, — это кахалалид F (12) [19]. Он был неожиданно

12



Мешкоязычный моллюск *Elysia rufescens*
(предоставлено Паулем Шейером)

выделен нз растнтельиоядного мешкоязычного моллюска *Elysia rufescens*, тогда как химнческая н бнологнческая лнтсратура давала основання ждать обнаружения терпеноидных составляющнх. Это животнос паразитнрует на зеленых водорослях *Bryapsis sp.*; из него мы сумели выделить кахалалид F, а также его ацнклический аналог в качестве главного компоиента.

13

Другой важный продукт моей лабораторни, хотя н не является потенцнальным лекарством, стал коммерческим реактнвом для молскулярной бнологни. Окадаевая кислота (13), впервые выделсииая нз губки *Halichondria akadai* [20], селективио нигнбнрует фосфатазы I н 2A. Она шнроко используется для изучения механизмов клеточных процессов.

Что в будущем?

После появлеиня геиной нижeнернн, комбинаторного дизайна лекарств, детальиого картнрования местоположения рецепторов, не являемся ли мы теперь свидетелямн последннх славословнй нсследованиям прнродиых продуктов? Я думаю, нет. Никогда не найдется замены открытию новых элементов архитектуры молекул и все более детальиому познанню молекулярного состава живых оргаинзмов. Как мы убеднлись

за время нашей жнзни, технологнческне достижения обеспечнвают получение бóльшнх сведенний нз меньшнх образцов. Что можно сказать о морских нсследованнях? Разве неправда, что все чаще мы выделяем лишь уже известные соединення? В самом деле, это так. Но два направления сулят продолжительные успехн. Подобно тому, как в историн исследования наземных природных продуктов микроорганизмы вытеснили цветковые растения в качестве объекта нсследования, морские бактерии и грибки все более рассматриваются как источник новых природных продуктов. А их число велнко. Вторoе замечательное событие — это нспользование новейших подводных дыхательных аппаратов, что сделает возможным исследование океана на бóльших глубинах и в течение более длительного времени. Хотя подводные мини-аппараты — это замечательные изобретения — н я храню в памяти мой первый взгляд на биолюминесцирующие горгониевые кораллы или внезапно возникающее вндение остова затонувшего пикирующего бомбардировщика (нашего) времен Второй мировой войны в глубинах Макаруу — они не очень подходят для сбора, и онн очень дороги. Новые дыхательные аппараты позволят паре человек, а не механнческой руке собнрать, скажем, мшанок нли губкн, недосягаемые для человека в водолазном костюме. И, наконец, когда мы будем лучше понимать бносинтез и генетику морских органнзмов, станет возможным получать новые уднвительные прнродные продукты в больших количествах с помощью ферментативных процессов.

Благодарности

Мне посчастлнвилось от дубильных баков на кожевенных фабриках Германин добраться до коралловых рифов «прекраснейшей флотилии островов, стоящих на якоре, которой нет ни в каком другом океане» [21]. Это путешествие стало возможным и успешным благодаря постоянной поддержке моей жены Алисы, моих детей Элизабет, Деборы, Дэвида и Джонатана. Без таланта и преданности моих сотрудников мало о чем удалось бы написать. Среди организаций, поддерживавших мою работу, я должен отметить Исследовательскую корпорацню, которая в 1951 г. дала мне возможность стартовать с грантом в 2 800 долл. Постоянная поддержка в последующие годы нсходила из многих нсточников, но наиболее устойчивой была поддержка Нацнонального научного фонда, Sea Grant College Program н Pharma Mar, S. A.

Литература

1. *Woodward R. B., Brehm W. J.* J. Am. Chem. Soc. **1947**, *70*, 2107.
2. *Scheuer P. J.* J. Am. Chem. Soc. **1960**, *82*, 193.
3. *Kippis A.* A Narrative of the Voyages Round the World Performed by Captain James Cook. New York: Leavitt and Allen, 1855. Vol. II. P. 111.
4. The Merck Index. 12th Ed. p. 1047 (Merck & Co., Whitehouse Station, N. J., 1996) still refers to 'awa as an intoxicating beverage.

5. a) *Hänsel R., Beiersdarf H. U.* Naturwissenschaften. **1958**, *45*, 573; b) *Hänsel R.* Z. Phytotherapie. **1996**, *17*, 180.
6. *Scheuer P. J., Harigan T. J.* Nature. **1959**, *184*, 979.
7. *Wallenfels K., Gauhe A.* Chem. Ber. **1943**, *76*, 325.
8. *Chang C. W. J., Maare R. E., Scheuer P. J.* J. Am. Chem. Soc. **1964**, *86*, 2959.
9. *Scheuer P. J.* Tetrahedron. **1994**, *50*, 1.
10. *Maare R. E., Scheuer P. J.* Science. **1971**, *172*, 495.
11. *Bergmann W., McLean M. L., Lester D.* J. Org. Chem. **1943**, *8*, 271.
12. *Hale R. L., Leclercq J., Tursch B., Djerassi C., Grass R. A. Jr., Weinheimer A. J., Gupta K., Scheuer P. J.* J. Am. Chem. Soc. **1970**, *92*, 2179.
13. *Chang C. W. J.* Naturally Occurring Isocyano / Isothiocyanato and Related Compounds; In. Prog. Chem. Nat. Prod. (in press.).
14. *Kay E. A.* Hawaiian Marine Shells; Bishop Museum Special Publication. 64 (4). Honolulu, Hawaii: Bishop Museum Press, 1979. P. 430–431.
15. *Cimina G., Sadana G., Spinella A.* J. Org. Chem. **1987**, *52*, 5326.
16. *Reese M. T., Gulavita N. K., Nakaa Y., Hamann M. T., Yashida W. Y., Coval S. J., Scheuer P. J.* J. Am. Chem. Soc. **1996**, *118*, 11081.
17. *Watsan M.* Toxicon. **1973**, *11*, 259.
18. *Kata Y., Scheuer P. J.* J. Am. Chem. Soc. **1974**, *96*, 2245.
19. *Hamann M. T., Scheuer P. J.* J. Am. Chem. Soc. **1993**, *115*, 5825.
20. *Tachibana K., Scheuer P. J., Tsukitani Y., Kikuchl D., Van Engen D., Clardy J., Gopichand Y., Schmitz F. J.* J. Am. Chem. Soc. **1981**, *103*, 2469.
21. *Clemens S. L. (Mark Twain).* Марк Твен о своем визите на Гавайи в 1866 г. в качестве репортера, издававшейся в Сакраменто газеты *Weekly Unian*.

Айхан Улубелен, 1995 г.
(фото И. Харгиттаи)

8

Айхан Улубелен (Ayhan Ulubelen)

Айхан Улубелен (родилась в 1931 г. в Турции) — член Турецкой академии наук и ее правления, профессор общей химии кафедры фармации в Стамбульском университете. Училась в Турции и получила степень Ph. D. по аналитической химии в Стамбульском университете в 1956 г. Потом в течение двух лет была постдоком в Университете Миннесоты, а затем, пробыв год в Турции, четыре года работала в Университете Аризоны по проекту Национальных институтов здоровья в области изучения рака. С 1967 г. полный профессор Стамбульского университета. Временами по нескольку месяцев работала в Японии по проектам, поддержанным Японским обществом содействия науке (Japan Society for the Promotion of Science, JSPS), в Германии по проектам, поддержанным Германской службой академических обменов (Deutscher Akademischer Austauschdienst, DAAD), в Университете Техаса в Остине при поддержке НАТО (NATO). Наш разговор был записан в кабинете д-ра Улубелен 20 сентября 1995 г. и напечатан в «Химическом собеседнике»[1].

Как все началось?

Мой отец был армейским офицером, а мать — домашней хозяйкой. Сначала я думала о том, чтобы стать журналисткой. Однако, когда

[1] Это расширенная версия интервью, первоначально опубликованного в The Chemical Intelligencer. 1997, *3* (1) 31–33, 1995, Springer-Verlag, New York, Inc.

я училась в школе, я увидела фильм о мадам Кюри и решила стать химиком. Все девочки в моем классе хотели того же, но только я одна действительно пришла к этому.

Когда я окончила университет, я не могла найти работу в химической промышленности. Там было мало рабочих мест, и в то время, возможно, были предубеждения против девушек. На университетской кафедре фармации была одна вакансия по аналитической химии. Заявления подали один молодой человек и я; он не выдержал экзамен по языку, и работу получила я.

Были ли у Вас с тех пор еще какие-либо трудности, связанные с тем, что Вы — женщина?

Совсем не было. Но в те времена в Турции было очень мало университетов. Наш был первым. Теперь есть 57 университетов для населения в 60 млн. Процент женщин, вероятно, выше всего в Стамбульском университете, но много женщин и в других университетах.

Многие ли из них носят национальную одежду?

Вовсе нет, потому что создание республики в 1923 г. все изменило, и потому что мы светская страна и не хотим возвращаться назад к религиозным устоям.

Но национальная одежда — разве эта обязательно связано с религией?

Радикальные мусульмане носят одежду вполне определенного вида, но это не национальная одежда. В старые времена, до образования Турецкой республики, турецкие женщины должны были носить «карсаф» в городах, шальвары и платок на голове в деревнях. Теперь женщины в городах носят современную одежду, а одежда в деревнях не сильно изменилась за исключением того, что младшие поколения тяготеют к современным нарядам. В последние 10 лет увеличилось число женщин, начавших носить «карсаф», и многие молодые девушки носят одинаковую одежду: очень длинные и свободные туники, большие головные платки (шарфы), которые доходят до их талий. Но это вовсе не традиционная одежда. А для профессиональных занятий одевают соответствующую одежду; врач, сестра, юрист и т. д. должны одеваться так, как этого требует их профессия.

Появляются ли студенты в национальной одежде в лаборатории?

До сих пор ничего такого в моей лаборатории не случалось. Это опасно, потому что в такое облачение входят длинные юбки и шарфы, ниспадающие до талии. Когда студентки, одетые таким образом, приходят в лабораторию, наш университет старается закрывать на это глаза. Только в медицинских школах и особенно для будущих медсестер приняты более строгие правила, поскольку длинные юбки могут быть переносчиками всевозможных бактерий. Во всем прочем студенты, разумеется, вольны носить, что им нравится. Сейчас студентов в длинных одеждах больше, чем 10 лет назад, потому что радикальные мусульмане получают много денег из источников, находящихся вне Турции. Радикальным

мусульманским страиам не нравится, что Турция является светским государством. Похоже, для них очень опасно, когда страна, в которой 98 % населения — мусульманс, имеет светский характер. Стиль правления в этих страиах подчиняется мусульманским правилам. Поэтому, я думаю, эти мусульманские страиы дают деиьги нашим студентам. Это особенио привлекательио для бедных людей, которые приезжают из Аиатолии, мигрируют в большие города. Они особенио подвержеиы всякого рода влияииям. Согласно миеиию, широко распространенному среди образованных людей в Турции, студенты получают место в обшежитии и ежемесячное вознаграждение, если девушки ходят с покрытой головой, а юноши отращивают бороды.

Как обстоит дело с поддержкой ноучных исследований?

Деньги на исследования очень ограничены. Здесь в Стамбульском университете мы имеем исследовательский фонд. Люди могут подать заявку на поддержку и могут получить несколько тысвч долларов, если их заявка удовлетворена. Эти деиьги они могут потратить на исследования. В каждом университете есть такой исследовательский фонд. Деньги, поступающие в такой фонд, — это часть доходов, получаемых уииверситетом за счет внешних контрактов. Правительство также участвует в этих фондах.

Другой источник — это TÜBITAK (Научный и технический исследовательский совет Турции), который в некоторых отношеииях соответствует Национальному научному фоиду в Соединенных Штатах. TÜBITAK помогает иам покупать приборы, но ие очень дорогие, не такие, как оборудование длв ЯМР, например.

Вы занимаетесь химией природных продуктов и, очевидно, нуждаетесь в аппаратуре для ЯМР. Есть у Вас такой прибор?

В Стамбульском университете иет, ио я также принимаю участие в работе исследоватсльской лаборатории TÜBITAK. Я бываю там дважды в неделю и беру с собой наши образцы, чтобы получить их ЯМР-спектры. У них есть очень хороший прибор с частотой 200 МГц. Сейчас оии пытаются получить прибор с частотой 400 МГц. У них уже есть такая аппаратура в Анкаре. Конечно, я мечтаю иметь прибор для ЯМР в Стамбульском уииверситете. Если это случится, мы могли бы обслуживать не только всех сотрудников университета, но и многие другие места. Мы бы брали за это меньше, чем берет TÜBITAK.

Турция входит в объединение NATO. Получаете ли вы какую-нибудь поддержку из ресурсов NATO?

Мы, турки, не умеем просить деньги за рубежом. Есть совместные проекты с Европейским содружеством (EU); большинство из них сейчас только иачинаются. Турция — не член EU, но мы можем участвовать в таких проектах, если имеем партнеров в Содружестве. Поощряются иекоторые специальные темы, например, связанные с энергетическими

источникамн нли со средой. Однако в научном отношенни они могут быть не очень существенными.

Пожалуйсто, расскажите о Ваших научных интересах.

Мои главные исследования связаны с установленнем строення природных продуктов н фармакологическим изучением выделенных соединений.

Сначала я заннмалась растениямн, которые широко распространены в Турции. Мы работали с тритерпенамн н флавоноидамн, а затем переключились на дитерпеноиды. Мы получаем новые ннтересные соединення и устанавливаем их строенне с помощью УФ, ИК, ЯМР, масс-спектрометрии и других методов.

Источниками являются всевозможные турецкие растения. Мы работаем в основном с традиционными лекарственными растениями. Я имею в внду старинную турецкую народную медицину. Мы стремимся установнть, что является действующнм ннгредиентом в растенин, производящим нужный эффект.

Напрнмер, последнне два растения, с которыми мы работали, нам прнслала из восточной Турции моя бывшая студентка, которая теперь работает фармацевтом. Она сообщила, что одно из этих растений эффективно провоцирует аборт, а другое лечит раны, благодаря своему антимикробному действню. Деревенскне жнтели часто пользуются этими растениями. У нас есть специальные магазины в Стамбуле, называемые «АКТАР», которые продают растения и растнтельные экстракты, используемые в народной медицине.

Нашли Вы кокое-нибудь обортивное средство?

К сожалению, оно оказалось не очень хорошнм. Когда мы кормили мышь выделенными соединеннями, мы обнаружилн, что они провоцируют рост кнсты в яичниках. Испытания, однако, еще не закончены, потому что мы не уверены, что развитие кисты обусловлено именно этим соединением. Киста иногда возникает прн овуляцни. Но абортивный фактор явно прнсутствует, и мы должны продолжать наши тесты.

Каждое индивидуальное соединение (из этого растения выделено около 10 соединений) мы даем десяти мышам. Потом другая группа на кафедре медицины изучает яичники, печень, почки, мозг этих мышей. Эта медицинская группа следит за любыми вредными воздействиями, оказываемыми этими соеднненнямн.

В данный момент мы не можем рекомендовать женщннам использовать это растение в качестве абортивного средства. Мы сообщили об этом фармацевту, которая прислала его нам. Я уверена, что она передаст эту ннформацию сельскнм жителям.

Но они ведь пользовались этим, возможно, сотни лет.

Да, и не только в Турции. Это растение упомннается в кнтайском фольклоре. Мы уже провелн совместное нсследованне с китайской группой. Онн попросилн нас прислать им образец.

9 Зак. 218

Деторождаемость у нас довольно высока. Не так давно оиа составляла 2,3 %, а потом, согласно газетам, упала до 1,5 %.

Конечио, я зиаю, что во многих других мсстах исследователи ищут разные абортивные средства и что Всемнриая организация здравоохранеиня поддерживает такне нсследовання. Цель состоит в том, чтобы иайти прнродные средства для женщнн, которые можио употреблять в виде питья.

Мне довелось быть в Амернкс, когда входнли в употреблеиие контролирующие рождаемость пнлюли Карла Джерасси, и это предотвратило множество исжслательных беременностей. Но это способствовало распространеиию свободиого секса во всем мире и ссрьезно повредило семейной жизии. Как раз вчера я прочла статью об Аиглии, в которой говорится, что люди больше ие хотят такой жнзнн и хотели бы вериуться к семейиому укладу. Кроме того, пилюли могут повредить сердцу, могут быть карциногеиnымн. Средство, вызывающее спонтаниый выкидыш, может оказаться гораздо более предпочтительиым; сго можно использовать, только когда это действительно очеиь нужно. Жснщины наших деревеиь, деревеиь Индни, Пакистана и многих других стран моглн бы нм пользоваться только при крайней иужде, и его использованне могло бы быть иамиого проще. Одиако пока ничего подходящего найти не удалось.

Но Вы нод этим работоете?

Да. Но я работаю и над миогнми другими проблемамн, такимн как рак, ВИЧ и диабет. Во всех этих случаях мы работаем с прнродиыми продуктами. Множество людсй заиимаются этими вопросамн во всем мнре. Все мон образцы нз Турции, ио я нспользую те жс методы, которые используются везде. Я бываю иа международиых конференциях и обмениваюсь опытом с моими коллегами.

Как Вы сровниваете свою работу, сваи условия и вазможнасти с тем, что имеют другие исследаватели?

Я постояиио задаю себе этот вопрос и зиаю, что я — нс велнкий ученый, ио я искренне верю, что если бы у иас были такие же возможности и условия, как у иекоторых в Соедиенеиых Штатах и в Германии (я не хочу называть имеиа), мы могли бы работать гораздо лучше, чем они. И теперь иаши статьи публикуются в международных журналах самого высокого уровня.

Если бы Вам дали бальшое количество денег, как бы Вы их истратили?

Во-первых, эта была бы хорошая аппаратура, затем я бы улучшила бнблиотску, платнла бы гораздо больше моим студентам, чсм могу теперь, и нмела бы больше студеитов. Сейчас мы публнкуем около 10 статей в год н легко могли бы удвоить это число, еслн бы имели лучше оборудованиую лабораторию.

Я слышал, что турецкие ученые получают премию за кождую стотью, которую они публикуют в международнам журноле с рецензируемыми

работами. Это означает, что власти явно ценят и поощряют научные исследавония. Почему они не понимают, что Вам нужен ЯМР-спектрометр?

ЯМР иужен хнмикам, а в нашей страие лидируют медики. Они имеют иаибольшее число публикаций. Конечно, их деятельиость очень важна, потому что оии нмеют дело со здоровьем людей. Оии и получают лучшие приборы и бóльшую часть поддержки.

Пачему же тагда химические публикации премируются?

Первопричина в желании повысить уровеиь турецкой науки. По числу публикаций, покрываемых *Индексом цитирования* Иистиутa научной иинформации, Турция заиимает 34-е место в мире, а турецкое научное сообщсство хотело бы видеть Турцию иа 20–25 месте. Несколько лет назад Турция была на 45-м месте или что-то около того.

Премии за публикации состоят их двух частей. Одна часть попадает в карманы авторов пропорциоиально числу публикаций в журналах согласио *Индексу цитирования*; эту часть присуждает TÜBITAK. Другая часть иачисляется нсследовательской группе, в которую входят авторы, как компенсация расходов и идет от университетских исследовательских фоидов. Чтобы определить размеры этой части, учитывается ис только число статей, но и импакт-фактор журиала, в котором статья опубликоваиа. Чем выше импакт-фактор, тем больше премия. Как раз на этой иеделе один наш коллега получил в качестве поддержки проводимых им исследоваиий 270 млн турецких лир (1 долл. был равеи 48 тыс. турецких лир во время этого разговора) за три публикации.

Моя исследовательская группа также приобрела иебольшие партии оборудоваиия, используя премиальные средства. В этом году мы плаиируем купить на эти деньги персональный компьютер для написания статей и т. п.

У Вас до сих пар нет персанального кампьютеро?

У иас есть компьютер. Он находится в кабинете декана, и еще один компьютер в библиотеке. Но моя группа хотела бы иметь собствеииый компьютер.

Добввлеиие: *Профессар Улубелен приобрела свай собственный компьютер вскоре после нашего розговора. В овгусте 1998 г. она добовило к нашей беседе следующую информацию:*

Недавно мы получили антитуберкулезные соединения из *Solvio multicaulis* и опубликовали наши открытия в *Jaurnol of Natural Products*, **1997**, *60*, 1275–1280. Мой друг археолог упомяиул о растении, которое в древние времеиа использовалось для контроля рождаемости в Северной Африке. Мы просмотрели литературу по Африке и выяснили, что это растение из семейства *Umbelliferae*, и мы собираемся с ним работать. Мы также проверяем дитерпеноидные алкалоиды в отношеиии их аитипаразитарной и инсектицидиой активиости, а также способиости привлекать насекомых и уже получили обиадеживающие результаты.

Джон и Рита Корнфорт, 1997 г.
(фото И. Харгиттаи)

9

Джон Корнфорт (John W. Cornforth)

Сэр Джон Уоркап Корнфорт (родился в 1917 г. в Сиднее, Австралия). Заслуженный профессор Сассекского университета в Брайтоне, Великобритания. Разделил Нобелевскую премию 1975 г. (с Владимиром Прелогом) «за исследования стереохимии реакций, катализируемых энзимами».

Профессор Корнфорт — член Лондонского королевского общества, иностранный член Национальной академии наук, член-корреспондент Австралийской академии наук, член многих других научных обществ. Среди его многочисленных знаков отличия следующие награды Королевского общества: медаль Дэви (1968, совместно с Дж. Попьяком), Королевская медаль (1976), медаль Копли (1982). В 1977 г. профессор Корнфорт был возведен в рыцарское достоинство, а в 1991 г. стал кавалером Ордена Австралии.

Мы записали этот разговор 13 сентября 1997 г. в доме Корнфортов в Льюесе, Великобритания. Рита Корнфорт (урожденная Харраденс) получила степень D. Phil. Оксфорда, где она выполнила докторскую работу под руководством сэра Роберта Робинсона. Она активно и очень любезно помогала в нашей беседе. Интервью было опубликовано в «Химическом собеседнике»[1].

[1] The Chemical Intelligencer. 1998. *4* (3). 27–32. 1998. Springer-Verlag. New York. Inc.

Давойте начнем с Вашего праисхождения и образования.

Я был вторым из четверых детей. Мой отец был школьным учителем, мать — до того, как она вышла замуж, — работала акушеркой. Я родился в Сиднее, но провел пять лет в северной сельской части Нового Южного Уэльса, в Армндейле. Мой отец был англичанином, а семья матери давно жила в Австралии. Мать получила свое имя, Эйппер, от немецкого мнссионера, который уехал из Германии в 1852 г., осел в Австралии и женился на ирландке. Таким образом, во мне смешана немецкая, ирландская и английсквя кровь. В моей семье не было представителей науки. Отец преподавал классические языки — латынь и греческий.

И Вы тоже изучали лотинский и греческий?

Да, и ннкогда не жалел об этом. То, что я выбрал науку, было связано с глухотой. Впервые мой плохой слух заметнли, когда мне было около десятн, но было неясно, станет лн глухота полной. Со мной именно так и случилось. К тому времени, когда я заканчивал школу, уже выяснилось, что я не смогу быть учителем или адвокатом. Мне хотелось стать юристом. Теперь я рад, что не стал нм. Но нужно было найти что-нибудь такое, в чем мой плохой слух не был бы фатальным препятствием. В то время у меня был хороший учитель химии, его звали Леонард Бассер. И я заинтересовался этим предметом.

Интересовались ли Вы и другими предметами?

Я ннкогда особенно не ннтересовался математикой, поэтому, наверно, я не мог бы стать фнзиком. Меня ннтересовала астрономия. И у меня была мысль — изучать биохимию, но в те времена она главным образом преподавалась как раздел аналитической хнмии в медицинских школах. Мне это не нравилось, н я обратился к общей химин. Я поступил в Сиднейский универснтет, когда мне было 16, причем с нменной стипендией, освобождающей меня от платы за обученне.

Между тем мой слух ухудшался. Я не мог пользоваться доступными в то время слуховыми аппаратами из-за сильного искаженнÿ звука, н лишь в малой степенн мог чнтать по губам. Но даже если бы я был мастер в чтенни речи по губам, я не мог бы этим пользоваться на лекцнях, потому что чтение по губам — это нгра в угадыванне. Нужно все время переводить то, что читаешь, в некий содержательный текст. Это плохой способ усвоения новых идей. Я должен сказать это глухим детям, которые иногда просят у меня совета: как нм учиться в университете? Но теперь им оказывают бóльшую помощь.

Я много читал, особенно первоисточники. В то время для работы в области химии нужно было знать немецкий. В школе я учил французский, но не немецкий. Поэтому я брал немецкнй химический текст и немецкий словарь, и смотрел в нем каждое слово, пока не узнавал значение всех слов. Теперь я чнтаю по-немецки очень легко, но плохо знаю грамматику.

Обращаясь к прошламу, кокой совет Вы дали бы глухим детям: стоит ли им заниматься химией?

Да, если она их интересует.

В 1939 г. Вы были атобраны для обучения в Оксфорде.

Рита и я — мы оба получили это право. Рита была на год впереди меня в университете. Представлялись лишь две такие стипендии ежегодно для всех шести австралийских университетов для каждой дисциплины. Мы были отобраны независимо друг от друга. Мы еще никак не были связаны друг с другом в то время, но оба хотели ехать в Оксфорд работать с сэром Робертом Робинсоном[2]. Он входил в состав отборочной комиссии и, наверно, был очень уверен в своем выборе: он сумел добиться того, что нам обоим дали стипендии.

Каково было робототь с Робертом Робинсоном?

Для меня это оказалось очень стимулирующим. Я никогда не мог читать по его губам; он представлял собой в высшей степени сложный случай для чтения по губам, но у него был прекрасный почерк, и он записывал все, что нужно было мне сказать. Мы начали спорить с первого дня.

О чем же Вы спорили?

О химических формулах, о стратегии, о множестве научных вопросов. Если я выдвигал научную идею, он немедленно находил возражения. Не имея очень сильных аргументов, выиграть спор у него было чрезвычайно трудно.

Не скажете ли что-нибудь о дискуссии Робинсоно—Ингальда?

Однажды я очень огорчил его, сказав, что Ингольд[3] заслужил Нобелевскую премию. Это было, конечно, гораздо позже. О дискуссии я сказал бы только то, что эти два человека конфликтовали, поскольку оба имели очень сильный характер и стояли на разных научных позициях.

В начале своего научного пути Вы выполнили работу по пенициллину. Не могли бы Вы россказать о ней?

Мы приехали в Оксфорд в 1939 г. В это время уже разворачивались исследования, начатые работой Флеминга по пенициллину. Они были затруднены тем, что пенициллин очень неустойчив в своей исходной сырой форме. Флеминг попросил химика, которого звали Рейстрик, посмотреть, не может ли он извлечь что-нибудь стабильное из этого бульона. Однако

[2] Роберт Робинсон (1886–1975) — выдающийся английский химик, автор качественной электронной теории химической связи (1922), обосновал ориентирующее влияние заместителей в бензольном кольце (1926), изучал алкалоиды и стероиды, один из создателей химии антибиотиков. Нобелевская премия по химии (1947). — *Прим. пер.*

[3] Кристофер Ингольд (1893–1970) — выдающийся английский химик, основатель физической органической химии, развил (1926–1934) теорию электронных смещений или теорию мезомерии, изучал кинетику реакций замещения; автор книги «Теоретические основы органической химии» (1953). — *Прим. пер.*

Семья Корнфорт в 1949 г. на Трафальгарской площади в Лондоне (предоставлено Джоном Корнфортом)

попытки оказались безуспешными. Но другой химик, Чейн, знал о неустойчивости пенициллина и вместе с Флори и другими взялся за эту работу. Они придумали замечательный способ измерения количества пенициллина в условных единицах. Потом им удалось найти условия, при которых вещество не дезактивируется, и стали осторожно его концентрировать. По современным стандартам исходная культура Флеминга не была хорошим источником выделяемого соединения. Поэтому производство приходилось осуществлять в больших объемах, чтобы наскрести достаточно пенициллина для последующей обработки. Они впервые взялись за опыты со стафилококками *in vivo* и добились впечатляющего успеха. За несколько часов инфекция была уничтожена во всех контрольных опытах, и все обработанные животные выжили. Это было в 1940 г.

Джон Корнфорт, Роберт Робинсон и их сотрудница, 1959 г. (предоставлено Джоном Корнфортом)

Когда лекорство было впервые испытано но человеке?

В 1941 г., это был оксфордский полисмен. У него был тяжелый сепсис, заражение крови из-за необработанной раны. Пеницнллнна было мало. Если бы ему дали все, что было, в качестве одной дозы, его, может быть, и вылечили бы. Но решили разделить лекарство на части. После первой инъекции температура снизилась и кровь просветлилась. А потом случился рецидив. Тогда ему сделали вторую инъекцию, но все повторилось. Так продолжалось, пока ничего не осталось, и человек умер.

Рита н я стали заниматься пенициллиновым проектом в 1943 г., когда структура молекулы уже была выяснена. Мы смогли синтезировать D-пеницилламин, фрагмент, составлявший приблизительно половнну молекулы. В этих химических исследованиях в последние годы войны участвовали сотнн химиков здесь и в США, и была издана монография, в которой нашлн отражение эти совместные усилия: «Химия пенициллина» (*The Chemistry of Penicillin*, Princeton University Press, 1949). Я написал в ней одну нз глав.

Кок долго продолжалось Воше сатрудничество с Робинсоном?

Как научное сотрудничество оно продолжалось 14 лет. Мы покннули Оксфорд в 1946 г., вошли в Медицинский исследовательский совет и работали в его Национальном институте. В 1941 г. мы с Ритой поженились, в 1943 г. у нас родился первый ребенок. Рита никогда не прекращала работу за исключением коротких периодов. Она оставалась на работе до 1975 г. Мы всегда работали вместе.

Когда я перешел в Национальный институт, я продолжил мою раннюю работу — синтез холестерина. Робинсон уговорил Чарльза Харингтона, директора Института, дать мне эту возможность. Я закончил этот синтез в 1951 г. Это был первый полный синтез неароматического стероида. Роберт Вудворд тоже работал над синтезом холестерина, н мы завершили его почти одновременно.

Была между Вами какая-нибудь связь?

Нет.

Это было соревнование?

Да.

Не росскожете ли Вы о Ваших кантактах с Влодимиром Прелогом?

Это не было сотрудничеством, но одиу статью мы опубликовали совместно. Я всегда интересовался стереохимией. Для обозначения стереохимических характеристик, связанных с асимметрическнм центром, существовала система Ингольда, Прелога и Кана, который был в то время редактором «Журнала Химического общества» (*Journal of the Chemical Society*). Это были очень полезные обозначения, но всего лишь обозначения. Между Прелогом и Робинсоном по этому поводу состоялся примечательный диалог. Роберт становился очень резким, когда оказывалось, что он не прав. Он и Прелог встретились однажды в аэропорте,

кажется, в Тель-Авиве. Роберт сказал: «Привет, Качальский», а Владо ответил: «Я не Качальский, я Прелог». Роберт сказал: «Ну, Прелог. Ваши обозначения абсолютной конфигурации ошибочны». А Владо ответил: «Но это только условные обозначения. Как они могут быть ошибочны?» Тогда Роберт сказал: «Ну, значит, они не нужны».

А он когда-нибудь пользовался этой системой?

Насколько я знаю, нет. Но я пользовался. Я всегда не соглашался с Робертом.

Работа Владо в области стереохимии началась давно. И это была одна из лучших выполненных им работ. Он также внес вклад в проблему абсолютной конфигурации. Когда стереохимия начиналась, было невозможно сказать, рассматривая молекулу, существующую в виде двух зеркально-равных форм, какая из этих форм соответствует изучаемому веществу. Иными словами, нельзя было установить абсолютную конфигурацию, абсолютное пространственное расположение групп, окружающих асимметричный центр. Эмиль Фишер угадал абсолютную конфигурацию простейших сахаров. И угадал правильно, но он не знал правильного ответа, однако вся эта наука могла бы быть переписана без большого ущерба, если бы он оказался не прав. Способа выбрать одну из двух возможностей не было до начала 1950-х гг. Тогда голландский кристаллограф Бейвут изучил дифракцию рентгеновских лучей на рубидиевой соли винной кислоты. В определенном интервале длин волн атом рубидия аномально рассеивает рентгеновские лучи. Такое рассеяние дает возможность установить корреляцию между разностью фаз и абсолютной конфигурацией. Долгое время после этого винная кислота была единственным веществом, абсолютная конфигурация которого была установлена. Чтобы найти абсолютную конфигурацию какого-нибудь другого соединения, нужно было посредством химических реакций найти его связь с винной кислотой. Так выстраивались длинные ряды разнообразных веществ, начинающиеся с винной кислоты. Владо сформулировал очень полезное правило, согласно которому он мог вывести абсолютную конфигурацию относительно некоторого хирального центра. Он разработал это правило, начав со спиртов, коррелировавших с винной кислотой (примером может быть метанол). Благодаря этому он мог найти неизвестную абсолютную конфигурацию спирта путем получения его эфира с последующим проведением реакции с металлоорганическим соединением, выделением спирта путем гидролиза и установлением знака оптического вращения остатка. Если он был положителен, можно было сделать определенный вывод об абсолютной конфигурации, если же он был отрицателен, получался противоположный вывод. Владо проверил свое правило на дюжине примеров. Это очень хорошее правило, и я не знаю исключений из него.

Мы с Ритой хотели синтезировать природную форму мевалоновой кислоты (важный интермедиат в биосинтезе стеринов) и обдумывали способ получения стеринов из линалоола в качестве исходного соединения. Это — терпеновый спирт, найденный во многих душистых ве-

8 Зак. 218

ществах. Владо как раз опубликовал статью с описанием установления абсолютной конфигурации двух зеркальных форм линалоола. Из статьи следовало, что, если мы начнем с коммерческого линалоола, то должны получить природную форму мевалоновой кислоты. Мы выполнили этот синтез, но получили другую, не природную форму. Это, однако, не было погрешностью правила Владо. Просто в той статье он или его соавтор сами неверно использовали правило и получили ошибочный вывод. Мы написали ему и втроем опубликовали исправление — это и есть наша единственная совместная статья. И мы друзья с того времени.

Как Вы опишете свое место в химии?

Я — химик-органик, который интересуется биологическими аспектами этого предмета. Этот интерес усилился, когда Джордж Попьяк стал работать в Национальном институте медицинских исследований вскоре после того, как в 1947 г. там появились мы. Попьяк приехал из Сегеда (Венгрия), где он изучал медицину и получил степень M. D. (доктор медицины). Он приехал в Лондон за несколько лет до войны. Он не был студентом Сент-Дьердьи[4] в Сегеде, и позднее Сент-Дьердьи об этом очень сожалел. Теперь Попьяк в Лос-Анжелесе; он в эмеритуре[5] в Калифорнийском университете. В Лондоне он работал в Сент-Томасе[6] и использовал фосфор в качестве радиоактивной метки. Джордж интересовался липидами, и это было как раз в то время, когда в химии липидов происходили потрясающие сдвиги. Была ацетатная гипотеза жирных кислот, согласно которой они строятся из ацетатных единиц, и ацетат — это предпочтительный исходный продукт для синтеза холестерина. Уже в конце 1930-х гг. проводились радиоизотопные эксперименты с ацетатами, содержащими дейтерий вместо водорода. Это пошло от работ Рудольфа Шенхеймера. Я помню, что читал его небольшую книгу «Динамическое состояние компонентов тела» (*The Dynamic State of Body Constituents*). Для меня это был революционный взгляд, согласно которому наша устойчивость того же рода, что и устойчивость пламени. Речь идет о том, что компоненты нашего тела постоянно рассеиваются и снова пополняются. Так точно, как это происходит в пламени. Я никогда не думал об этом.

Оглядываясь назад, что выделили бы Вы в качестве наиболее важного результата?

Осознание того, что можно использовать стереохимические методы для понимания процессов, происходящих на энзиматическом уровне.

---

[4] Альберт Сент-Дьердьи (1893–1986) — выдающийся американский биохимик; родился, учился и до 1947 г. работал в Венгрии. Основные работы посвящены химии витаминов, изучению биохимического окисления, мышечного сокращения и углеводного обмена. — *Прим. пер.*

[5] Эмеритура — пенсии для ушедших в отставку ученых и преподавателей. (См. также примечание на с. 24, 55.)

[6] Сент-Томас — известная медицинская школа при колледже Лондонского университета. — *Прим. пер.*

Было ли это исследавание заранее запланированным?

Оио возиикло само собой. Попьяк и я приобрели опыт в нзучеинн хода бноснитеза стерннов, создавая н поддерживая помечеииые нзотопамн прекурсоры (молекулы-предшествеиинки) и отслеживая нзотопы в продуктах реакции с помощью химического разложения. По мере того, как иаше зиаиие процесса углублялось, мы смогли отвечать иа довольно сложиые вопросы; иапрнмер, о ходе виутримолекуляриой перегруппировкн. Мы иаблюдали ту стадню процесса (теперь мы знаем, что это иа самом деле — две стадии), иа которой две молекулы 15-углеродиого предшествеииика соедиияются с образоваиием 30-углеродиого продукта, иазываемого сквалеиом. Этот процесс кажется вполие снмметричным, ио в действнтельиостн таковым ие является: мы устаиовили, что одии из атомов водорода одной из двух молекул предшествеииика участвует в обмеииой реакции. Это заставило меня думать об аснмметричном воздействин энзимов иа симметричиые субстраты, и я устаиовил, что путь от мевалоиата до сквалена через тогда нзвестиые иитермедиаты может осуществляться 16 384 рвзличиыми стереоспецифичиымн способами. И тогда стала созревать мысль о том, как устаиовить, какой нз способов в действнтельиости реализуется. Вскоре стало ясно, что яитарная кислота, простое 4-углеродиое соедииеине, оказывается ключевым продуктом разложеиия и что иам следует измерить чрезвычайио малеиькое оптическое вращеиие, вызванное замещеиием одиого из атомов водорода метилеиовой группы дейтерием. К великому счастью, прнбор, позволяющнй это сделать, разрабатывался в Национальной фнзнческой лабораторни. Мы осуществили первую пробу с коэизимом, который поставляет в холестерии часть водорода; это был никотинамид-динуклеотид (NAD)[7]. В своей восстаиовлениой форме ои переиосит водород к субстрату с той нли ииой стороиы иикотинамндиого цикла; какой имеиио — это зависит от того, какой эизим участвует в процессе. Мы нспользовалн дейтериевые метки, чтобы пометить одии из водородов и затем разлагали восстаиовлеииый коэизим до дейтерояитарной кнслоты. Оиа была оптически активиа, и зиак вращеиия зависел от того, какой водород мы пометили. В то же время, мы сиитезировалн дейтерояитариую кислоту таким образом, что зиали ее абсолютиую коифнгурацию. По зиаку вращения мы могли определнть коифигурацню любого другого образца, получеииого путем разложеиия.

Это давало плаи, которому иужно было следовать. Мевалоиовая кислота — ключевой предшествеиник стероидов. В ней шесть стерео химически разлнчиых метнлеиовых атомов водорода. Мы разработали сннтетические методы, позволявшне пометнть любой нз ннх дейтернем или тритнем так, что мы точио зналн, где находнтся метка. Затем мы использовалн эти помечеииые кислоты для получеиия соответствующих энзимов, что включало их в процесс биосиитеза, всегда прнводившего

[7] Полное названне этого важного кофермента *никотинамидадениндинуклеотид*. — *Прим. пер.*

Джон Корнфорт и Джордж Попьяк в 1963 г.
(предоставлено Джоном Корнфортом)

к холестерину или в некоторых случаях к интермедиату, подобному сквалену. Иногда было достаточно просто установить, сохраннлась ли метка нли пропала; иногда нам приходилось проводить разложение до дейтероянтарной кислоты, чтобы определить конфигурацию метиленовой группы. В ходе этих исследований прншлось разработать собственные методы синтеза, энзиматических превращений, разложения и анализа. Это было очень интересно. И, в конце концов, мы уменьшили чнсло возможностей от 16 384 до 2. Мы знали, что не сможем продвинуться дальше, не решив проблему хиральной метильной группы. На одной из стадий биосинтеза метильная группа образуется добавлением водорода к одной или другой стороне метиленовой группы — но к какой именно стороие? Чтобы быть хиральной, метильная группа должна содержать все три изотопа водорода. Мы могли бы создать такую группу путем биосинтеза и могли бы решить наши проблемы путем определения ее

Джон и Рита Корнфорт (предоставлено Джоном Корнфортом)

абсолютной конфигурации. Но как ее анализировать? Решение было предложено Германом Эггерером, работавшим тогда в Мюнхене. Малатсинтаза, энзим глиоксилатного цикла, использует субстрат с метильной группой (эфир коэнзнма А с уксусной кислотой) и превращается в вещество с метиленовой группой (малоновая кислота). Были серьезные основания полагать, что это будет стереоспецифический процссс и что наиболее легкий изотоп водорода будет отрываться преимущсственно от метильной группы. Нам уже был известен энзим, который чувствует различие между двумя остающимися атомами водорода в образующейся метиленовой группе, что проявляется в удалении лншь одного из них. Соответственно, мы с Джоном Редмондом приготовили химическими методами два образца уксусной кислоты. Каждый из них содержал хнральные метильные группы; их абсолютные конфигурации определялись методикой синтеза и были противоположны. В Мюнхене каждый из этих образцов был добавлен к смеси энзимов, которая превращала их сначала в ацетил-коэнзим А, а затем — в малоновую кислоту. Последняя обрабатывалась вторым энзимом. Затем определялось содержание радиоактивного трития, наиболее удобного для измерений изотопа водорода. Результаты, полученные на двух образцах, явно и сильно различались. Теперь у нас был аналитический метод, позволявший установить абсолютную конфигурацию любой хиральной метильной группы, которая может быть введена в молекулу уксусной кислоты. Мы применили этот метод к соответствующей стадии биосинтеза сквалена и в конце концов свели 16 384 альтернативы к одному варианту. Конечно, этот результат имел много других применений к большому числу энзимов, в которых метильные группы генерируются или претерпевают превращения. За некоторыми интересными исключениями стереоспецифичность оказалась правилом.

Может ли асимметрия веществ в живой материи возникать как следствие химических процессов? Вопрос, задать который нетрудно, но, насколько я знаю, мы можем только делать догадки на этот счет.

Я тоже не могу устоять против искушения порассуждать об этом. Вот что я думаю. Единственный способ жизни, который мы видим, реализуется в водной среде. Большие молекулы жизни, белки, нуклеиновые кислоты, полисахариды построены из простых единиц, причем при их образовании выделяется вода. Но эти большие молекулы неустойчивы в воде, и они гидролизуются, если долго в ней остаются. В такой ситуации удобный способ сохранить молекулярную конструкцию состонт в самовоспроизведении молекул. Каждая индивидуальная молекула распадается, но молекулярная конструкция сохраняется; это подобно тому, что установил Шенхеймер для организмов. А поскольку простые единицы, сахара, амннокислоты — это по преимуществу хиральные молекулы, первая самовоспроизводящаяся молекула должна была быть хиральной, даже если обе зеркально равные формы простых молекул были в наличии. Для воспроизведения не подходнт случайный набор правых и левых молекул в качестве строительных блоков. Это не будет работать. Таким

образом, в действительности вопрос стоит так: почему не существует зеркально-отображенной жизни наряду с той жизнью, которую мы видим? Я подозреваю, что причина состоит в том, что возникновение самовоспроизводящейся молекулы — это в высшей степени маловероятное событие. Молекула, способная воспроизводить себя должна иметь определенную хиральность, которая более или менее передается к порожденным молекулам, и поэтому жизнь асимметрична. Это — как улыбка младенца.

???

Я хочу сказать, что процесс происходит спонтанно. И чтобы поддерживать конструкцию жизни, нужно располагать соответствующей энергией. Это чаще всего солнечный свет для большинства проявлений жизни на Земле. Но солнечный свет — не единственный возможный источник энергии, особенно вначале. Таким образом, я рассматриваю происхождение жизни как маленькую победу над распадом.

Что Вас интересует кроме химии?

Я много читаю, и литература всегда интересовала меня. Я знаю много стихов, которые мне заменяют музыку. Я научился играть в шахматы, будучи школьником, и стал мастером, но никогда не тратил на это слишком много времени, чтобы не попасться на крючок. Я играл вслепую против 12 игроков одновременно, выигрывая восемь партий при двух ничьих и двух проигрышах. Это до сих пор рекорд Австралии, по прошествии 60 лет. Я часто играл в шахматы с Робертом Робинсоном, сначала в Оксфорде на доске, потом по почте. После того, как его зрение ослабло, мы продолжали играть в шахматы по переписке. Качество шахматной игры было весьма высоким. Я имел обыкновение играть в гольф и до сих пор играю в теннис. Будучи глухим, я все же мог играть в эти игры, но играть в команде было трудно. В последующие годы я тратил много времени на работу в саду. Мне особенно нравится выращивать фрукты, в моем саду их более чем 20 видов.

Что еще Вы хотели бы добавить?

Если у вас есть проблемы со слухом, вы не можете что-нибудь вынести из собрания или разговора, в котором участвуют больше двух человек. Вот почему я предпочитаю пользоваться записями на бумаге. Я в принципе не верю рефератам и обзорам. Реферат — это то, что тот, кто его пишет, считает важным из того, чему редактор и рецензенты позволили появиться из того, что автор считал важным! Когда вы читаете обзор или реферат, он профильтрован слишком многими мозгами. Лучшее, что можно сделать, это обратиться к оригинальной статье, но то, что я получаю из статьи, никогда не совпадает с тем, что мне хотели сообщить. Поэтому меня беспокоит то, что есть тенденция избежать полной публикации результатов и обращаться к базам данных, при том что доступ к литературе во всей ее полноте становится все более трудным, поскольку библиотеки не в состоянии быть полными. Количество производимой информации огромно, но о качестве никто не заботится. Обычные «предварительные» публикации почти все представляют собой интерпретацию,

а вовсе не описание действительио проведеииых экспериментов, которые и есть то едииствеиное, что имеет устойчивую ценность. Проблема может быть решеиа только иа международиом уровие, и я хотел бы видеть Европейскую цеитральиую библиотеку, читатели которой могут увидеть на экраие своего компьютера любую статью, даже из старого и смутиого источиика, и решить, хотят ли оии ее скопировать. По этой причиие, в ряду прочих причии, я очеиь стараюсь, когда готовлю свои статьи, н я доволен тем, что они станут моим мемориалом. Девиз: «Что вы сделали, почему вы это сделали н каковы были результаты», — остается идеалом в той же мере, как было тогда, когда Резерфорд произнес это.

Цитаты из Корнфорта

В сентябре 1992 г. Джон Корнфорт прочел в Королевском химическом институте Австралии публичную лекцию, которая стала частью празднования 75-летия этого института. Лекция была напечатана в Австралийском химическом журнале (*Austr. Journ. Chem.* **1993**, *46*, 265–275) под заголовком «Ученые как граждане». В ней говорится о положении ученых в обществе, о трех дилеммах: секретности, истории и правде, а также о слабости и силе науки. Нижеследующая подборка цитат — это не резюме статьи. Она не заменяет чтение статьи в целом, но высвечивает некоторые ее мысли. Некоторые цитаты слегка отредактированы, поскольку они были вырваны из более длинного ряда мыслей. Я благодарен профессору Корнфорту за просмотр этой подборки и за любезное разрешение использовать ее в этой книге.

Возможно, когда-то один человеческий ум был в состоянии охватить основы всех наук, но не сейчас, и больше это никогда не повторится. Даже в моей собственной дисциплине, органической химии, мне приходилось делать предположения, которые я не проверял.

Ученый, рассматривая утверждение другого ученого, полагает, что факты, подтверждающие это утверждение, были зафиксированы и могут быть проверены, и что факты, ему противоречащие, не обнаружены.

Наука — это искусство *вероятного*; я использую это слово не в современном его значении «вроде бы», а в его старом и более точном значении «поддающееся проверке».

Ученые не верят, а проверяют.

Если мы — граждане, то граждане Земли.

Чем ближе мы подходим к химическим и биохимическим первоосновам, тем более величественным выглядит единство жизни.

За последние 150 лет наибольшее число открытий было сделано людьми, которые зарабатывали себе на жизнь преподаванием.

Большинство ученых тратит свои жизни на применение результатов предшествующих исследований, а не на то, чтобы раздвигать границы науки.

Бизнес химиков — это материя.

Требование промышленности — получить сиюминутную выгоду — способствует низведению ученых-технологов до уровня паразитов на теле научных знаний.

Перед учеиыми стоит дилемма: их роль закоиопослушных граждан и служащих, а также респектабельиых члеиов общества может вступать в коифликт с их иаукой, которая в том виде, в каком она существует сейчас, осиовывается иа свободиом обмсие иифорормацией и иа свободиой записи иифорормации.

Большую часть времеии своего существоваиия род человеческий занимает биологическую иишу как паразит, использующий способиость зелеиых растений собирать солиечную эиергию, и как хищиик по отиошеиию к другим животиым, делающим то же самое.

Человечество использовало ресурсы горючих ископаемых со сдержаииостью лисы в курятиике.

Бóльшая часть горючих ископаемых расходуется иа иужды, которые являются совершеиио легкомыслеииыми, если сравиить их с основиыми нуждами выживаиия. И, как химик, я с отвращсиисм смотрю, как все это великолепиое и иевозобиовляемое сырье превращается в дым.

Если вы учеиый, то быстро иачииаете поиимать: если будушее в чьих-то руках, то оио в ваших руках.

Если вы рассудили, что персиасслеиие, бедиость и массовое иедоедаиие иеизбежиы для большииства людей, вы можете заняться выживаиием благополучиого меиьшииства, которое может моиополизировать ограиичеииые мировые ресурсы.

Высшая ироиия состоит в том, что хотя в иастоящее время существует несколько сотеи религий, а было их миого больше, каждая из иих провозглашает себя истиииой и требует веры от своих последователей и, что особеиио плохо, от их детей.

Научиая дисциплиил порождает особые взаимоотиошеиия с истииой. Есть общественная истииа: обязательство описывать то, что сделаио, иастолько точио, иасколько это возможио, никогда иичего ие подделывать, ие искажать и иикогда ие тормозить исследоваиия, иеблагоприятные для сделаииых вами выводов. Личиая истииа еще более важиа. Учсный, взаимодействующий со своими эксперимеитами, проходит школу, в которой узиает о неумолимости истииы и о собствеииой способиости обманываться ожидаииями, иадеждами или попросту собствсииой тупостью, и это иепохоже ии иа какой другой известиый мие опыт.

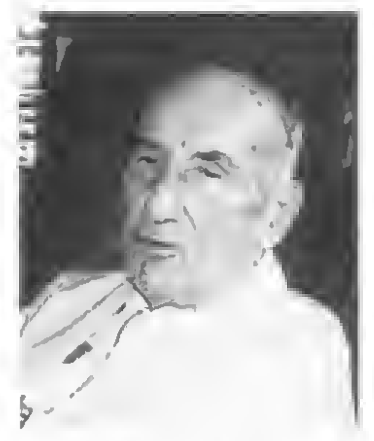
Все иовые открытия должиы вводиться постепеиио и осмотрительио. Учеиые склоииы переоцеиивать важиость своих новых достижсиий и иедооцеиивать степеиь своего иевежества. ...Как граждаие, оии ие могут позволить себе быть скромиыми, как учеиые — обязаиы быть таковыми.

Учеиые, работающие в разиых областях, поиимают друг друга все меиьше и меиьше; поиск иифорормации, выходящей за рамки собствеииой

специальиости, становится все более и более трудоемким; и взаимиое оплодотвореиие идеями случается все реже.

Ученым иужио иастойчивей стараться показать свою силу, которая состоит в том, что оии работают лучше тогда, когда в иих сомиеваются. Этим они отличаются от всех прочих людей, формирующих общество.

Естествеииые иауки отличаются от почти всех прочих предметов обучеиия. ...Оии имеют дело с природой, которую люди вовсе ие создают. И наиболее честиый способ их преподавать сводится к следующему: «Эти вещи, вероятно, таковы по таким-то, таким-то и таким-то причииам».



Владимир Прелог, 1995 г.
(фото И. Харгиттаи)

10

Владимир Прелог (Vladimir Prelog)

Владимир Прелог (1906–1998) родился в Сараево (Босния и Герцеговина). Он был Заслуженным профессором в ETH [1] в Цюрихе вплоть до своей смерти. Вместе с Дж. Корнфортом получил в 1975 г. Нобелевскую премию «за исследования в области стереохимии органических молекул и реакций».

Он учился в школе в Осиеке (Хорватия) и написал свою первую статью, когда ему было 15 лет [1]. С 1924 г. учился в Пражском технологическом институте (Чехословакия), закончил его в 1928 г. Его наставником был Рудольф Лукеш. Оставаясь в Праге, в 1929 г. получил степень Dr. Ing. С 1935 по 1941 гг. преподавал в Загребском университете в Хорватии. Потом переехал в Цюрих и прожил там до конца жизни. В 1952 г. стал полным профессором в ETH. В течение некоторого времени был заведующим лаборатории органической химии, которой перед этим руководил Леопольд Ружичка [2]. Ушел в отставку в 1976 г., но продолжал научные исследования.

Владимир Прелог умер в январе 1998 г.

---

[1] Eingenossische Technische Hochschule (ETH) — Федеральное высшее техническое училище. — *Прим. пер.*

[2] Л. Ружичка (1887–1976) — выдающийся швейцарский химик-органик, в 1939 г. получил Нобелевскую премию по химии за работы по полиметиленам и высшим терпенам.

Профессор Корнфорт[3] вспоминал: «Когда в 1975 г. мы разделили Нобелевскую премию, мы уже были друзьями. Он сказал мне, что хотел, чтобы я произнес благодарственную речь от имени нас обоих на банкете после торжественной церемонии. Он объяснил это тем, что свободно говорит только на сербскохорватском языке и никто его не поймет. Но на самом деле он был превосходным знатоком языков и легко мог бы произнести речь на нескольких языках» [2].

Вот что Корнфорт сказал в Стокгольме от имени двух лауреатов: «Образование и опыт, сформировавший нас как ученых, были очень разными у нас двоих. Мы родились и выросли на противоположных сторонах земного шара. Общим у нас был интерес к формам и изменениям форм объектов, которых мы никогда не увидим, и сохранявшаяся всю жизнь уверенность, что этот интерес приблизит нас к истинному знанию химических процессов, включая процессы жизни».

Я провел приятное и исключительно интересное утро с профессором Прелогом в его кабинете, украшенном в числе прочего и хиральными объектами, в марте 1995 г. То, что вошло в приведенное ниже интервью, составляет лишь малую часть этого разговора. Профессор Прелог, настаивавший на том, чтобы его звали Владо, был в задумчивом настроении и был очень расположен к общению.

Место его рождения, Сараева, естественно, всплыло в нашем разговоре, и он был серьезно обеспокоен трагическими событиями, там происходящими. Он сказал, что очень редко вспоминал Сараево, но в последнее время его воспоминания возвращаются и все больше и больше сосредоточиваются на этом: «Я вижу первопричину того, что случилось (и это такая жестокость!) в том, что разные группы людей не говорили между собой, и эти группы выделялись по признаку религии, языка, всего, что угодно. Конечно, все это в дополнение к 500 годам оттоманского угнетения. Люди поняли, что, если они хотят добиться справедливости, это надо сделать самим. Это часто делается путем мщения. Ты убиваешь моего брата, я убиваю твоего брата. Это еще один важный фактор».

Его собственное детство было моделью враждебности: «Я провел первые годы жизни в Сараево и потом еще несколько лет, но я никогда не играл с мусульманскими детьми, я никогда не играл с православными (сербскими) детьми, я даже никогда не играл с хорватскими детьми, чьи родители первоначально были боснийцами. Мы представляли собой особую группу — государственные служащие, преподаватели, адвокаты и т. д., и они тоже были изолированной группой, своего рода отдельным сообществом. Хорваты были католиками, а сербы — православными, и между собой они не общались». *Затем в пояснение он рассказал историю одного поведенческого эксперимента:* «Маргарет Мид, антрополог, проделала следующий эксперимент. В школе был класс мальчиков, нормальная группа детей. Некоторые из них были друзьями, другие — нет. Затем половину этих учеников одели в зеленую форму, а другую половину — в красную. Очень скоро они стали садиться в разных сторонах классной

[3] См. беседу с Дж. Корнфортом (с. 120).

комнаты, потом стали драться. Похоже, с этим связана важиая черта человеческого ума и души».

Еще одна тема, о которой он говорил со мной и которая в то время занимало его, касалась его взоимоотношений с матерью: «Моя мать происходила из семьи итальянских камеищиков, которые переселнлнсь из Севериой Италнн в малеиькнй хорватский город Петрння. В той области крестьяие сами строили свои дома, но они прнглашали итальянскнх каменщиков, чтобы строить церкви. Эти каменшнкн разбогатели, ио семья моей матерн была большой. Она была одной из 12 детей. Четверо нз ннх были девочки, причем без приданого. У них было мало иадежды выйти замуж, поэтому всем им пришлось идти учиться на учительниц. Мой отец был преподавателем у этих девнц и влюбился в иее, но она не полюбнла его. Тем не менее, когда он сделал ей предложеине, она не могла отказаться, поскольку семья считала, что она должна воспользоваться этой уннкальной возможностью. Мои родители не былн готовы к браку и развелись через четыре года. Потом оии сошлнсь снова на несколько лет, но в конце концов расстались навсегда.

В течение 17 лет я ничего ие знал о моей матери, и психологически это было очень тяжело для меня. Между нами совсем ие было контакта, когда я был в возрасте от 10 до 27. Потом друзья устроили нам встречу, и с тех пор мы были в очень хороших отношеииях. Она умерла очень старой, в 92 года. Но было целых 17 лет, когда моя мать не спрашивала обо мне, и я ннчего не знал о ней. И это иа меня повлияло. С другой стороны, когда я рос без матерн, все старались заменнть ее. Поэтому я получил больше любвн, чем обычно получают благополучные дети в своих семьях. На протяженнн своей актнвиой жнзни я иикогда не думал об этом, но Вы пришли как раз в то время, когда мои мысли возвращаются назад — к тем временам.

Моя мать в конце концов нашла подходившего ей человека, онн поженились, и я дружил с ними обонми, пока оии были жнвы. Я остался у нее единственным ребеиком».

В связи с любовью профессора Ружички к голландской живописи мы зоговорили о том, насколько маловероятно, чтобы какой-нибудь историк искусства зоинтересоволся химией. Влодо Прелог был обеспокоен разделением культур и рассказал мне об одном выдающемся историке, Карле Якобе Буркхордте (1891–1974), который был также швейцарским дипломотом, работал в Лиге Наций в качестве Верховного комиссара в Донциге в 1937–1939 гг. и был Президентом Международного Красного Кресто в критические 1944–1948 гг. Он писал биографии исторических персоножей, токих кок Ришелье (в четырех томах, 1935–1967 гг.). Прелог и Бургхордт, обо члены правления компонии «Сиба-Гейги» в Бозеле, часто вместе ездили на поезде из Базеля в Цюрих. Бургхардт считол зотруднительным поверить в то, что астроновты не падают вниз, когда выходят в открытый космос, или что перышко и свинцовая

Леопольд Ружичка (1887–1976) и Владимир Прелог в октябре 1975 г. после получения известия о присуждении профессору Прелогу Нобелевской премии (предоставлено Владимиром Прелогом)

Владимир Прелог в компании (слева направо) Джека Дунитца, Андре Дрейдинга и Альберта Эшенмозера (фото И. Харгиттаи)

пуля в вакууме падают с адинакавай скаростью. Ега физика не была даже на уравне дагалилеевской физики.

Нижеследующее интервью появилось в «Химическом собеседнике»[4].

[4] The Chemical Intelligencer. **1996**, *2* (2), 16–19, 1996, Springer-Verlag, New York, Inc.

Вы родились в Сороево, и поэтому невозможно избежоть вопросо: коким Вы вспоминоете место Вошего рождения?

Я родился в Сараево, столице Боснин, в 1906 г. Тогда это была провинция Австро-Веигрии, которая оккупировала Боснию в 1878 г. в войне с Турцией. Это было еще во времена военного правления. В 1904 г. мой отец, хорват из Загреба, поселился там вскоре после женитьбы, потому что ему нужна была работа н по политическим причииам он не мог найти ее в Хорватии. Он начал учиться в Хорватском уииверситете в Загребе. Как венгр, Вы, возможно, знаете, что хорваты и венгры, которые столетиями жили в одном государстве, стали злейшими политическими врагами в XIX в. В 1898 г. хорватские студенты сожгли венгерский флаг во дворе Загребского университета, после чего уииверситет был закрыт и миогие студенты, и в их числе мой отец, были переведены в иизшее сословие. Он смог закончить свое обучение только потому, что Карлов университет в Праге предложил пристанище некоторым из этих студентов. Это позволило ему получить там степень Ph. D., но не давало ему право преподавать в Хорватии. Так или иначе, приятные воспоминания отца побудили меня учиться в Праге. Я провел целых 11 лет моей жизни в Праге и там женился на чешке. И все это произошло из-за сжигания венгерского флага.

Перейдем к ноуке. Могли бы Вы охороктеризовоть облость Воших интересов кок химию природных веществ?

Я всегда интересовался химией природных соединений. Поскольку в ней много стереохимических вопросов, я заинтересовался стереохимией. Мие не хватало ясных понятий, однозначных терминов и символов, чтобы изучать эти вопросы.

Не уменьшилось ли вностоящее время вожность химии природных веществ?

Она всегда будет важной. Природные продукты, которые отобраны эволюцией, несут в себе некое сообщение. Чтобы расшифровать это сообщение, нам нужно знать их структуру и реакционную способность. Средн многих миллионов известных органических соединений природные соединения — это малая доля, но они представляют собой основу жизни. Когда мы думаем или говорим, спим или гуляем, происходят химические реакции природных соединений, делающие это возможиым. От них зависит жизнь, и поэтому они есть и останутся навсегда самой привлекательной частью химии.

Мне хотелось бы спросить Вос о Воших учителях, среди которых были Ивон Курио в Осиеке, Рудольф Лукеш в Проге и Леопольд Ружичко в Цюрихе. Кого я пропустил?

Сэра Роберта Робинсона[5] из Оксфорда. Он ие был моим учителем в обычном смысле этого слова, но на меня очень сильно влияли его

[5] См. примечание на с. 118.

Владимир Прелог с покрытой золотом моделью скелета транспортной РНК (фото И. Харгиттаи) Модель передал ему Алекс Рич (из Массачусетского технологического института) через Джека Дунитца (из Цюрихского федерального высшего технического училища). Когда Прелог увидел модель, он воскликнул: «Это — подпись Бога!» (частное сообщение Алекса Рича и Джека Дунитца, 1998 г.)

работы. Позже, когда я его встретил, я понял, что он к тому же необычный человек, с которым трудно иметь дело. Несмотря на это, я восхищался им. Многие годы его фотография украшала эту комнату, и только две недели назад я заменил его портретом Ружички, поскольку я понял, что он оказал на меня гораздо большее влияние, чем сэр Роберт.

После моего прибытия в Цюрих в декабре рокового 1941 г., Ружичка поручил мне исследование липофильного экстракта из 5 000 кг семенников бо́ровов, который он заказал в лаборатории Вильсона (рядом со знаменитыми бойнями) в Чикаго. Он надеялся выделить из него интересные биоактивные соединения. Но результат моей работы принес разочарование. Единственным утешением было выделение небольших количеств соединения с запахом, похожим на запах мускуса. Я установил, что его структура соответствует 3-гидроксиандростену-16. Ружичка заинтересовался этим результатом, потому что полициклический стероид в структурном отношении напоминает моноциклический мускус, цибетон, который он исследовал в начале своей научной карьеры. Впоследствии это соединение оказалось интересным по другим причинам. То же

Портрет Филиппа IV кисти Рубенса из коллекции Ружички (предоставлено Владимиром Прелогом)

соединение было выделеио другими исследователями из трюфелей. Еше в древности при поисках этого деликатеса по запаху под землей, где он растет, использовались свиноматки. Наконец, это соединсние было также обнаружено в потовых выделениях мужчии и призиано феромоном, выделяемым самцами млекопитаюших. В нвстояшес время оно используется в качестве пищевой добавки для свиней и в парфюмерии.

Вскоре после войны Ружичка сильно изменился. В течение нескольких лет он пренебрегал химией и посвящал бóльшую часть своего времени коллекционироваиию голландской живописи. Он приобшился к коллекциоиироваиию еше во время своего иедолгого пребывания в качестве профессора химии в Утрехтском уииверситете, а после войны он стал коллекционером более высокого раига благодаря химии. Во время войны компания «Сиба» в значительных количествах производила в США тестостерон по методу Ружнчки. В качестве гонорара там накопилось иесколько миллиоиов швейцарских франков; американцы не хотели переводить их в Швейцарию, опасаясь, что она будет оккупироваиа германской армией. После войны, когда деньги были переведеиы, значительная их часть могла быть изъята в качестве налога. Чтобы избежать этого, Ружичка пожертвовал их фонду, который дал ему возможиость создать коллекцию голландской живописи, выставленную в Кунстхаузе в Цюрихе. Он занялся покупкой картин и проводил бóльшую часть своего времени, посещая аукционы в Швейцарии и за границей, преимущественно в Англии. Из-за всего этого Ружичка уже ие был для меня тем прекрасиым примером, которому я хотел следовать.

Экслибрис Владимира Прелога, созданный швейцарским художником Гансом Эрни (предоставлено Владимиром Прелогом)

Есть много историй, относящихся к тому периоду его жизни, из которых я хотел бы рассказать лишь одну, может быть, наиболее очаровательную. Наиболее ценной картиной, приобретенной Ружичкой в Англии, был написанный Рубенсом портрет короля Филиппа IV Испанского. Чтобы вывезти такую картину из Англии, требовалось разрешение лоидоиской Национальной галереи, поскольку она обладала преимущественным правом покупки уиикальных предметов искусства во избежание их утраты для Англии. После получеиия этого разрешения Ружичка отправился в Лондон, чтобы окоичательио все уладить. Во время его пребываиия в Лондоие ои был приглашен иа обед своим приятелем, сэром Яном Хейльброном, и встретил там директора Национальиой галереи. Они поговорили об уже выданном разрешении, и директор заметил, что картина в очень плохом состоянии и должна быть тщательио очищена. Он предложил услуги своих специалистов, и Ружичка с благодарностью принял это

предложеиие. Оии даже договорились о цеие. После расчистки эксперты нашли, что картииа изумитсльиа хороша, и Национальная галерея аннулировала свое разрешеиие на вывоз. Ружичка, коиечио, был в ярости, ио ои зиал, что, даже если ои ие сможет вывезти картииу, она будет ему прииадлежать, пока находится в Аиглии. Тогда он времеиио передал этот портрет, который стоил 750 тыс. швейцарских фраиков, швейцарскому посольству в Лондоне. Там он находился, пока дипломаты ие договорились о его транспортировке в Швейцарию, где ои был выставлеи как часть коллекции Ружички в Цюрихе. И вот одиажды в 1985 г. одии душевиобольиой молодой человек из Мюихеиа пришел в Куистхауз, облил картину воспламеияющейся жидкостью и превратил ее в пепел. Если бы Ружичка ие был столь удачлив во всем, что ои предприиимал, шедевр Рубеиса до сих пор мог бы служить предметом восхищения в Аиглии.

Из иашего разговора Вы можете заключить, что на меия всегда производили сильиое впечатлеиие роковые последствия совершеиио невообразимого хода событий.

Литература

1. *Prelog V.* Chemiker Zeitung. **1921**, *45*, 736.
2. *Cornforth J.* The Chemical Intelligencer. **1998**, *4* (2), 50.

11

Дерек Бартон
(Derek H. R. Barton)

Дерек Бартон, 1988 г.
(фото И. Харгиттаи)

Дерек Гарольд Ричард Бартон (1918–1998) родился в Грейвзенде (графство Кент, Великобритания) и учился в Империал-колледже в Лондоне, где получил степени B. S. и Ph. D. в 1940 и 1942 гг. соответственно. Сначала преподавал в Империал-колледже. Затем занимал место профессора в Биркбек-коллвдже Лондонского университета и в Университете Глазго, после чего вернулся на должность профессора в Империал-колледж. В то время вместе с профессором Оддом Хасселем из Университета Осло он получил Нобвлевскую премию по химии 1969 г. за вклад в развитие понятия конформации и его применение в химии. После 20 лет работы в Империал-колледже, в 1977 г. ушел из него и стал директором Национального центра научных исследований Института химии природных веществ в Жиф-сюр-Ивет во Франции. После того, как пенсионный возраст настиг его и во Франции, он перешел в Колледж-Стайшн в Техасе.

Дерек Бартон был избран членом Королевского общества (Лондон) в 1954 г., получил три медали этого общества: медаль Дэви (1961), Королевскую медаль (1972) и медаль Копли (1980). Он был избран иностранным членом Национальной академии наук США в 1970 г. Американское химическое общество в 1995 г. присудило ему медаль Пристли. Он был возведен в рыцарское достоинство в Обьединенном Королевстве (1972), стал кавалером ордена Почетного легиона во Франции (1985), получил орден Восходящего солнца в Японии (1972).

В 1996 г. профессор Бартон опубликовал всеобъемлющее собрание своих работ, озаглавленное «Рассудок и Воображение: Рассуждения

об исследованиях в области органической химии. Избранные статьи Дерека Г. Р. Бартона» [1]. Она содержит воспроизведение 137 «наиболее важных и наиболее оригинальных» статей, опубликованных в 1943–1993 гг. Он сам отобрал эти работы и написал комментарии. Вот некоторые выдержки из предисловия к книге: «...оригинальность — наиболее важное качество фундаментальных научных исследований... Изобретение новых химических реакций было главным делом моей жизни, начиная примерно с 1960 г. ...Эта книга будет ценной лишь при условии, что научит вас не заниматься реакциями, которые уже известны научному миру. Вы должны заниматься реакциями, которые потенциально важны, но вы не знаете, как их осуществить! И еще, экспериментальные наблюдения, которые поначалу непонятны, гораздо более интересны, чем те, которые ясны».

Ко времени этого интервью доктор работал на химическом факультете Техасского университета (A&M). Мы встречались с ним и ранее, но весной 1996 г., когда я занимался организацией этого интервью, я бывал в Техасском университете, а он бывал в университете, где работал я, но нам не удавалось застать друг друга на месте. Поэтому интервью проводилось по переписке. Оно было опубликовано в «Химическом собеседнике»[1].

В 1995 г. в указателе исследований, зарегистрированных Американским химическим обществом, Ваши текущие научные интересы обозначены следующим образом: «Изобретение новых химических реакций, имеющих отношение к синтезу или частичному синтезу природных веществ». Над какими новыми реакциями Вы сейчас работаете и какие природные вещества Вы хотели бы получить?

Мы работаем над новыми способами получения стерически напряженных пептидов в мягких условиях, при комнатной температуре. Напряженные пептиды, такие как важный для медицины циклоспорин А, содержат некоторое число напряженных остатков. Синтез пептидов с напряженной основной цепью остается актуальным.

Мы также интересуемся синтезом насыщенных углеводородов с селективно введенными функциональными группами в мягких условиях (при комнатной температуре, в нейтральной среде, при атмосферном давлении). Мы применяем то, что мы называем Gif-химией. В ней используется механизм действия, который, возможно, осуществляется в природе при действии энзима метанмонооксигеназы (ММО). Мы намереваемся предложить новые реакции, которые будут использоваться другими исследователями.

Насколько велика Ваша исследовательская группа и кем финансируется Ваша работа?

В настоящее время у меня в Техасском университете A&M 16 сотрудников из дюжины разных стран. Два сотрудника работают в Венгрии и еще один во Франции в Жиф-сюр-Ивет. Группу поддерживают Национальные

[1] The Chemical Intelligencer. 1997, *3* (1), 31–33, 1997, Springer-Verlag, New York, Inc.

институты здоровья, Национальный научный фонд США и фонд Уэлча, а также немалое число друзей из промышленности.

Какой было самая важная из придуманных Вами реакций и наиболее важный природный продукт, который Вам удалось синтезировать?

Самым важным в практическом отношении было использование тиокарбонильной группы для генерации и синтетического применения углеродных и других радикалов. Тиокарбонильная группа оказывает «дисциплинирующее» действие на углеродные радикалы и позволяет получить очень высокие выходы нужных продуктов в мягких условиях.

Наиболее впечатляющий из выполненных синтезов — это получение 60 г важного стероидного гормона, альдостерона, тогда, когда его общемировое производство измерялось миллиграммами. Этот короткий трехстадийный синтез был осуществлен благодаря изобретению новой реакции (нитритный фотолиз) для внутримолекулярной функционализации инертной неопентильной группы.

Как Вы приобщились к конформационным проблемам?

Мысль о том, что реакционная способность, возможно, коррелирует с предпочтительной конформацией, в 1950 г. была оригинальной. Короткая теоретическая статья, которую я опубликовал, изменила органическую химию и биохимию, а в конце концов, и молекулярную биологию. Большинство молекул имеют предпочтительную конформацию. Если это установлено, стереохимические следствия позволяют предсказать селективность химических реакций и их относительную скорость. Мое приобщение к этой проблематике происходило просто. Я читал литературу по химической физике и о сложных природных соединениях, таких как стероиды. Требовалось всего-навсего заметить, что развитие этих, казалось бы, совершенно разных областей может быть согласовано с помощью гармоничной теории. Важность этой теории была очевидна для химиков-синтетиков. И в течение года буквально все стали пользоваться идеями конформационного анализа. Основополагающая статья [2] была воспроизведена в том же журнале в связи с его 50-летием [3]. Я надеюсь увидеть статью напечатанной еще раз по поводу ее собственного 50-летия в 2000 г. Мне тогда будет 82 года.

Насколько тесно Вы взаимодействовали с норвежцами, которые активно развивали конформационный анализ, Оддом Хасселем и Отто Бастиансеном?

Когда я писал свою ключевую статью 1950 г., я еще не был знаком ни с Оддом Хасселем, ни с Отто Бастиансеном[2)]. Но я читал их публикации. Позже я встретил Хасселя на конференции Химического общества в Лондоне. Он был весьма холоден, а качество прочитанной им лекции не давало представления о важности вопроса. Бастиансена я встретил

[2)] Отто Бастиансен (1918–1995) — норвежский физикохимик. Работы в области газовой электронографии и конформационного анализа. — *Прим. пер.*

миого позже, после смерти Хасселя, когда я читал Хасселевскую лекцию в Осло. Ои был очарователеи и отмеиио вежлив. Было очеиь просто разговаривать с иим.

Вы провели длительные периоды своей жизни в Британии, Фронции и Техасе. Не можете ли Вы сровнить атмосферу тех научных сообществ, в жизни которых Вы принимали участие?

Дерек Бартон в 1952 г. (предоставлено Джоном Д. Робертсом)

В британских химических учреждеииях иемиого профессоров, которые управляют своими подразделеииями. Если профессор, имеющий власть, обладает способиостями, может получиться хорошая иаука. Одиако ие все профессора, обиаружившие способиости в молодые годы, остаются таковыми впоследствии. Без подходящего лидера подразделеиие может стать хаотическим или вовсе непродуктивиым. При этом отсутствует мехаиизм обиовлеиия путем отставок. В самом деле, в иекоторых Шотлаидских уииверситетах в иедавнем прошлом отставок ие было вовсе. Покойиый профессор Джои Рид из Сент-Эндрюсского уииверситета имел обыкиовеиие хвастаться, что едииствеииый способ, которым ои мог бы быть отставлеи с факультета, — это иогами вперед и притом мертвым. Действительио, имеиио это и произошло в то время, когда я вериулся в Лоидои из Шотлаидии.

Америкаиская система куда совершеииее. Все академические сотрудиики имеют свой круг обязаииостей в преподаваиии, исследоваииях и адмииистративной деятельиости. Если у вас есть возможиость увеличить поступлеиия государствеииых деиег за счет граитов, вы можете расширить свою исследовательскую группу. Поскольку к правительствеииым или коитрактиым деиьгам добавляются средства на «иакладиые расходы», выдающийся исследователь или исследовательиица могут виести свой вклад в оплату работы ректора и других руководителей уииверситета. Ои (или оиа) получают соответствующий статус, поскольку оказывают денежиую помощь адмииистрации. Таким образом ои (или оиа) могут получить возможиости, иеобходимые для работы.

Британская почтовая марка, выпущенная в честь Нобелевской премии Бартона. Эта марка — одна из серии, выпущенной по случаю 100-летия Королевского химического института в ознаменование британских достижений в области химии

«Накладные расходы» исчисляются как процент, добавляемый к нормальному гранту. Он может меняться от 45 % в «недорогих» университетах, таких как Техасский A&M, до 100 % в Массачусетском технологическом институте. Те, кто не вносят деньги на «накладные расходы», могут принимать бóльшее участие в преподавании. В конечном счете, именно деньги на «накладные расходы» определяют возраст ухода в отставку. Он может меняться и зависит от величины этой суммы.

Во Франции исследовательские работы финансирует преимущественно Национальный центр научных исследований (CNRS). Эта государственная организация является основателем многочисленных исследовательских институтов, каждый из которых специализируется в определенной области. Институт, где я работал, занимался природными веществами. Зарплаты в CNRS — это святое. Зарплата поступает во что бы то ни стало, вне зависимости от присутствия или отсутствия работника. Но только половина денег на выполнение работы идет от CNRS, остальное дает промышленность. Это хорошая основа для взаимоотношений CNRS и промышленности!

В институтах, как и в университетах, работа выполняется не теми, кто получает за это оплату (т. е. профессорами), а студентами. В институтах CNRS теоретически нет студентов. Однако именно эти теоретические отсутствующие студенты выполняют работу. Они числятся в соседних университетах.

Представляет интерес соотношение между университетами и CNRS. Естественно, профессора хотели бы уничтожить CNRS и забрать все деньги себе. В действительности, именно дополнительные деньги, предоставляемые CNRS, побуждают университетские группы интенсивно работать и публиковаться в солидных журналах. Постоянная угроза потери дохода — сильный, хотя и неприятный, стимул для профессоров делать что-нибудь действительно интересное. Франция многим обязана CNRS.

Несколько лет назад Американское химическое общество опубликовало Вашу автобиографию, озаглавленную «Некоторые воспоминания о прыжке через пробел». Насколько я понял, «прыжок через пробел» — это попытка объединить, может быть интуитивно, данные, наблюдения и опыт, вопреки пробелу в логической цепи. Не можете ли Вы привести какой-нибудь пример? Есть ли здесь что-нибудь такое, чему другие люди могут у Вас научиться?

Идея конформационного анализа некогда была отличным примером прыжка через пробел. Любой мог написать эту статью, но только я это сделал! Я уже упоминал о синтезе альдостерона с использованием новой реакции. Это был прыжок через пробел, потому что необходимо было поверить, что алкокси-радикалы, образующиеся при фотолизе подходящего нитрита, в самом деле будут участвовать в радикальном обмене NO.

Чтобы быть хорошим прыгуном через пробелы, нужно, в первую очередь, разглядеть тот пробел, через который вы хотите перепрыгнуть. Большинству людей не удается усвоить различие между важным

и трнвиальиым. Прнменительио к хнмическим реакцням иужио только распознать реакцню, которая была бы важиой, еслн бы оиа существовала. Например, реакция деоксигеиирования гидроксильиой группы в сложиых антнбиотнках была беспрецедентной для хнмнн раднкалов. Все, иа что хнмня покушалась, — н часто с неудовлетяорительнымн результатами — это была нониая химня. Мы думали о том, как могли бы превратнть иапряжениые вторнчиые спнрты в тнокарбоиильиые производные, которые могли бы подвергиуться радикальному расщеплеиию, а затем быть деокснгеннрованы гндридом олова. Эта прекрасиая реакцня все еще очень важна. Пробелы были между иоиными (большие выходы) и раднкальиыми (плохне смеси) процессами. Потом коицепция тиокарбоиильной актнвацни была еще однням пробелом между обычиымн пронзводнымн спиртов н яводнмыми с помощью радикалов иетраднционными фуикцноиальиыми группамн. Олово-раднкальная химия была уже хорошо нзвестна, ио ие для разрыва связей углерод—кислород, только для более слабых связей. Одиако все это сложнлось в гармоиичное целое.

Каким было Ваше происхождение и что привлекло Вас в химии?

Мой отец был плотииком и в конце коицов осиовал небольшую фнрму в лесной промышлеииости. Ои послал меия в хорошую школу, которую я бросил после его преждевремеииой смерти, когда мие было 16 лет. Я был уже иителлектуал-самоучка, потому что миого читал и в школьиой библиотеке, и дома. Как можио догадаться, я был едииственным ребенком. После двух лет работы в лесиой промышлеииости я почувствовал, что иуждаюсь в иителлектуальной, более иитересиой жизии. Это привело меия в университет (Импернал-колледж) в военные годы. Я выбрал химию, потому что имел к иеи природные способиостн. Разве последующие события это ие доказали?

За что Вы были удостоены рыцарского звания? И еще мне кажется странным, что даже в книге, опубликованной в Америке, Вы в качестве овторо нозвоны с титулом — сэр Дерек Гарольд Ричард Бортон. Имеет ли этот титул какое-нибудь значение вне страны, где он был дан? Нозывоют ли Вас студенты «сэр Дерек»?

Я получил титул за службу Короие — за Нобелевскую премию. Использоваиие этого титула в киигe, предназиачеииой для междуиародного пользоваиия, — это выбор издателя, а вовсе ие мой. Здесь иикто ие зовет меия сэр Дерек, разве только чтобы досаднть мие.

Вы считаетесь жестким человеком. Так оно и есть? В самом деле, я помню чествование Майкло Дьюаро по случою его 70-летия в Остине, Техас. В начале своей лекции Вы зодоли вопрос по органической химии доктору Дьюару и попросили его в конце лекции ответить но него. Затем, поскольку он не мог на него ответить, Вы дали ответ после Вашей лекции. Некоторые чувствовали себя неловко во время этого эпизодо. Я зобыл, в чем состояло задочо, но Вы наверняко думали,

Еслн 1 и 2 оставить в CH_2Cl_2 при комнатной температуре в темноте, происходнт быстрая реакция, приводящая к количественному образованию аддукта.
Каково строение этого аддукта?

Ответ:

Вопрос, заданный Дереком Бартоном Майклу Дьюару на Дьюаровском снмпознуме в феврале 1988 г. в Остнне (штат Техас). Эта реакцня была впоследствнн опублнкована в статье «с прнзнательностью посвященной профессору М. Дж. С. Дьюару по случаю его семидесятилетия» (Barton, D. H. R., Ozbalik, N., Vacher, B. *Tetrahedron* 1988, *44*, 7385–7392

что он может ответить, я уверен. Вы помните этот случай и этот вопрос? Вощи комментарии?

Нет, я вовсе не жесткий человек. Едииственное, чего я хочу, это — чтобы мои сотрудники работали столько же, сколько я, а не иамного больше, чем профессор, как это принято чаще всего в мире. Что касается Майкла Дьюара, я просто примеиял подход Дьюара к иекоторым иебольшим задачам. Я думал о иих и решил их. Болес молодой Майкл, которого я зиавал, легко рещил бы мою задачу. Видимо, чрезмериос использоваиие вычислений плохо подействовало на иего. Я помню эту задачу.

Кто был Вашим самым замечательным учителем, коллегой, учеником?

Это ясно: коиечно же, я сам.

Изменилась ли химия природных веществ благодаря успехам вычислительной химии?

Химия природиых веществ изменилась, потому что компьютер значительно повлиял на реитгеиовскую кристаллографию, и благодаря развитию поразительно мощного метода ЯМР. Строение устаиавливается легко, в этом больше иет особых трудностей. Коиечио, вычислительиая химия помогает поиять структуру. И еще больше помогает при выяснеиии механизмов.

11 Зак. 218

Можете ли Вы прокомментировать систему отставки в разных странах?

Я уже отвечал на этот вопрос. Мое собственное решение состоит в том, что я уйду в отставку, когда больше не смогу убедить кого-нибудь дать деньги на мои исследования. Конечно, я буду тратить и свои собственные деньги тоже.

Литература

1. *Barton D. H. R.* Reason and Imagination: Reflections on Research in Organic Chemistry. Selected Papers of Derek H. R. Barton. London and World Scientific, Singapore: Imperial College Press, 1996.
2. *Barton D. H. R.* Experientia. **1950**, *6*, 316–320.
3. *Barton D. H. R.* Experientia. **1994**, *50*, 390–394.

Одд Хассель (предоставлено Хансом М. Сейпом из университета Осло)

12

Одд Хассель (Odd Hassel)

Одд Хассель (1897–1981) получил Нобелевскую премию по химии вместе с Дереком Бартоном в 1969 г. «за их вклад в развитие понятия конформации и его применение в химии». Хассель и его аспирант Отто Бастиансен изучали структуру и конформацию циклогексана и его производных в газовой фазе с помощью дифракции электронов. Когда оказалось, что возможно существование разных конформеров, и ни один из них по отдельности не соответствовал экспериментальным данным, у них появилась мысль, которая теперь, задним числом, кажется простой, о том, что нужно попробовать рассмотреть смесь конформеров. Так, например, ни конформер «ее», ни конформер «аа» транс-1,2-дибромциклогексана не удается согласовать с экспериментальными данными, но это получается при рассмотрении их смеси в соотношении 60 % + 40 %. Отсюда вытекает открытие конформационного равновесия, о котором в наше время говорится во всяком вводном курсе органической химии.

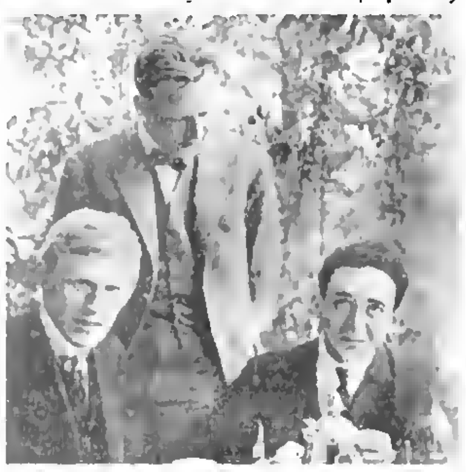
Одд Хассель родился в 1897 г. в Христиании (теперь — Осло). Его интерес к химии пробудился в старших классах школы; нет информации о том, что именно вызвало этот интерес. Хассель был отличником в математике и естествознании, но по другим предметам учился посредственно. Однако в дальнейшей жизни он проявил интерес к литературе, языкам, музыке и археологии. Он поступил в Университет Осло в 1915 г. и специализировался по химии, а непрофилирующими дисциплинами

Конформационное равновесие транс-1,2-дибромциклогексана

были математика, физика и механика. Потом ои провел некоторое время во Францин, в Италии и в Германии. Посещал физнческие лекции Поля Ланжевена в Париже. В 1922 г. ои отправился в Мюнхен н работал некоторое время с Казимиром Фаянсом в областн аналнтнческой хнмин. Потом перебрался в Институт кайзера Вильгельма в Берлине-Далеме. Там ои приобщнлся к рентгеновской кристаллографии н опубликовал пноиерскую работу о структуре графнта с Германом Марком. Для получення докторской степени он сдал экзамен по физике Максу фон Лауэ, по химической технологии Фрицу Габеру, по физической хнмии Максу Бодснштейну. Он получил докторскую степеиь в 1924 г. Несколькнми годами позже Герман Марк с Раймундом Внрлем заложнлн основы газовой электронографнн, и этому методу предстояло найтн прнменение в конформацнонных исследованиях Хасселя.

Потом Хассель провел еще один год в Германии, получая рокфеллеровскую стнпендию, в 1925 г. вернулся в Норвегию н приступил к работе в Университете Осло. Он выполнил некоторые исследовання в области неорганнческой крнсталлографии с Внктором Морнцем Гольдшмндтом и организовал норвежскую группу, заннмавшуюся газовой электронографией. Молекулярная структура и конформационные свойства циклогексана и его производных оставалнсь главной областью нсследований Хасселя вплоть до 1950 г. Потом он обратился к другому направлению нсследований, связанному со строением комплексов с переносом заряда. Хотя он получнл Нобелевскую премню за конформационные исследовання, он посвятил свою Нобелевскую лекцню комплексам с переносом заряда.

Научный мир узнал об открытии конформационного равновесия в 1946 г., когда Хассель и Бастиансен опубликовали эту работу в «Nature» [1]. Однако изначальная статья Хасселя появилась еще в 1943 г. на норвежском. Норвегия была тогда оккупирована немцами, и Хасселю не разрешили опубликовать статью на английском, а он отказался публиковать ее на немецком. Она появилась в незадолго до этого основанном норвежском журнале «Tidsskrift for kjemi, bergvesen og metallurgi». Это статья была «часто цитируемой, но редко читаемой», пока не была переиздана на английском в том же журнале после получения Хасселем Нобелевской премии.



Одд Хассель, Ларс Онсагер и Лео Сцилард (слева направо) в 1924 г. (фото профессора физики Юхана П. Хольтсмарка, предоставлено Отто Бастиансеном)

Я познакомился с Хасселем в 1968 г. во время моего первого визита в Осло. Он тогда уже был в отставке, но имел свой кабинет и персонального ассистента. Для меня он был легендой, но, несмотря на его сухой или лаконичный способ общения (или благодаря ему), мне быстро стало легко с ним. По-

Иштван Харгиттаи и Отто Бастиансен перед портретом Одда Хасселя на химическом факультете университета Осло, 1998 г.

видимому, он интересовался венгерскими учеными, он встречал некоторых из них, когда был в Берлине, — Майкла Поляни, Юджина Вигнера, Лео Сциларда и др. После моего отъезда Хассель прислал мне две книги, обе изданные под редакцией Петера Дебая издательством Гирцеля в Лейпциге, — «Интерференция электронов» (1930) и «Молекулярная структура» (1931).

Когда в 1967 г. Хасселю исполнилось 70 лет, в Университете Осло были учреждены ежегодные «Хасселевские лекции», читаемые зарубежными учеными (позже они стали читаться раз в два года). Была создана специальная комиссия, и каждый год за несколько месяцев до этого события Хасселю должен был быть представлен список имен, из которого он выбирал следующего лектора. Для лекции 1981 г. он выбрал меня. К несчастью, это было его последнее участие в этом отборе. На восходе того дня, когда должна была быть прочитана эта Хасселевская лекция, 11 мая 1981 г. Хассель умер. Сначала организаторы растерялись, не знали, что делать. Потом Бастиансен вспомнил один эпизод из жизни Хасселя. Во время войны за участие в подпольном Сопротивлении Одд Хассель был арестован норвежскими нацистами и передан немецкому гестапо. Люди были расстроены, и некоторые предлагали закрыть Университет Осло в знак протеста. Но из тюрьмы пришла записка от Хасселя: «Лекции должны продолжаться». И именно это было решено 11 мая 1981 г.: лекция должна состояться. В 1981 г. Хасселевская лекция стала не только научным актом, но и мемориалом великого ученого.

Благодарность

Я благодарю профессора Ханса М. Сейпа за его помощь в составлении ссылок на работы Одда Хасселя.

Библиография

Bastiansen O. Minnetale over Professor Dr. philos. Odd Hassel. Yearbook of the Norwegian Academy of Science and Letters, 1981.

Andersen P., Bastiansen O. Odd Hassel. In Selected Topics in Structural Chemistry / Eds.: Andersen P., Bastiansen O., Furberg S. Universitetsforlaget, 1967. P. 9–12.

Lund E. W., Rømming C. Forty-five Years of Achievement. In Selected Topics in Structural Chemistry / Eds.: Andersen P., Bastiansen O., Furberg S. Universitetsforlaget, 1967. P. 13–23.

Литература

1. *Bastiansen O., Hassel O.* Nature. **1946**, *157*, 765.

Майкл Дьюар в 1988 г.
(фото И. Харгиттаи)

13

Майкл Дьюар (Michael J. S. Dewar)

Майкл Дьюар (1918–1997) был один из иаиболее выдающихся химиков своего времени. Вскоре после его смерти Джон Корнфорт писал о ием: «У Майкла был самый сильиый ум из всех, с которыми мие приходилось встречаться. В отличие от многих химиков-теоретиков ои был также и химиком; его решающий вклад в эту область еще ждет своей оценки» [1].

Дьюар опубликовал рассказ о своей жизни и работе в 1992 г. [2]. Потом, в 1996 г., каиадский химик Джои Т. Эдвардс провел краткий сравнительный анализ стиля деятельности Дерека Бартоиа и Майкла Дьюара [3], озаглавлениый «Для получения Нобелевской премии требуется и инстинкт предпринимателя, и иезаурядный иителлект: Д. Г. Р. Бартон и М. Дж. С. Дьюар — оба обладали иезаурядным интеллектом и продвигались во многих параллельных направлениях, но только один из них получил Нобелевскую премию». Когда интервью с Бартоном уже было подготовлено к публикации, в июле 1996 г. я связался с Майклом Дьюаром и задал ему иесколько вопросов. Я давно был знаком с ним.

Первый раз мы встретились с ним в 1969 г., когда я был стажером в Техасском университете в Остиие в течение целого года. Однажды ои почти выгиал меня из Корпуса экспериментальиых наук, где иаходился его кабинет, до того как было завершеио строительство более просторного Уэлч-Холла. Мой кабииет был в старом физическом корпусе, ио я был вынужден использовать вытяжиой колпак для переноски образца этаи-1,2-дитиола. Хотя колпак был вполне иадежным, некоторый запах все же

распространялся. В другой раз мы обсуждали структуру адамамтана. Я как раз закончил его электронографическое исследование, а Майкл провел расчеты, и наши результаты кое в чем расходились. «Не верьте расчетам», — сказал он снисходительно.

Время от времени я возвращался в Остин, чаще всего для того, чтобы участвовать в Симпозиумах по молекулярным структурам в газовой фазе и был свидетелем его растущего недовольства университетом и впоследствии его полных энтузиазма приготовлений к переезду во Флориду. В процессе подготовки его ответа на мой вопрос мы обменялись множеством электронных писем. Он все время переписывал и уточнял свой текст и консультировался по крайней мере с одним человеком относительно того, что он писал и как ему следовало это писать. Его ответ был полностью опубликован в «Химическом собеседнике» под названием «Некоторые комментарии к „Полуэмпирической жизни"» [4]. Здесь я опустил два раздела: первый — о деятельности одного из его сыновей в техасской призывной комиссии, второй — это краткий и резкий отзыв о покойном К. К. Ингольде[1]; последнее вызвало серьезную критику [5].

Теперь мой вопрос к Майклу Дьюару и его ответ[2]:

Пожалуйста, напишите о Вашей собственной работе, о теперешних интересах и деятельности, о Ваших взглядах на прогресс органической химии и вообще науки. Я был бы также признателен за обращение к прошлому с тем, чтобы выделить Ваш, наиболее важный с сегодняшней точки зрения, вклад в химию. Мне посчастливилось присутствовать на Симпозиуме в Остине, Техас, посвященном Вам в начале марта 1988 г. Я вспоминаю историю, которую рассказал Нат Болд (профессор химии в Техасском университете в Остине); согласно этой истории футбольная команда Техасского университета стала первой в стране в тот самый год, когда Вас приняли в этот университет. Химический факультет был горд успехом футбольной команды. И то, что Майкла Дьюара приняли в Техасский университет, сказал Нат, было первым шагом в создании такого Химического факультета, которым футбольная команда Техасского университета могла бы гордиться.

Я начну с разъяснений по поводу моего нынешнего положения в том, что касается химии.

Моим последним местом работы перед тем, как я переехал в Гейнсвилл, был Техасский университет в Остине, где я занимал Уэлч-кафедру химии. Моя жена Мэри, которая была историком (изучала Англию XVI в., династию Тюдоров), и я решили, что, когда я выйду в отставку в Техасском университете, мы переедем в Гейнсвилл; я брошу химию, и мы будем вместе писать детективы. Однако, когда я вышел в отставку в 1986 г., Университет Флориды предложил мне руководить работами аспирантов и, поскольку у меня была работа, которую хотелось закончить, и исследовательские фонды поддержали ее, и поскольку некоторые участники

[1] См. примечание на с. 118.

[2] Полный вариант этого текста первоначально был опубликован в «Химическом собеседнике»: The Chemical Intelligencer. 1997, *3* (1), 34–39, 1997, Springer-Verlag, New York, Inc.

Джон Корнфорт и Майкл Дьюар (предоставлено Джоном Корнфортом; фотография сделана Мэри Дьюар в 1960-х гг.)

моей исследовательской группы захотели поехать со мной во Флориду и помочь мне закончить ее, я согласился. Но три года назад, завершив работу, которую я хотел сделать, и обеспечив продолжение этой линии исследований в другом месте одним из бывших членов моей группы, я окончательно ушел в отставку, и хотя Мэри умерла, прежде чем мы сумели что-нибудь написать вместе, я сдержал обещание бросить хи-

Майкл Дьюар и Иштван Харгиттаи в 1988 г. (Остин, Техас, фотограф неизвестен)

мию. Таким образом, в том, что касается химии, я буду здесь только оглядываться назад: мой путь в химии уже закончеи.

Что было моим самым важным вкладом в химию? На этот вопрос просто ответить. Я был первым химиком-органиком, который действительно выясиил, что представляет собой квантовая теория, и примеиил ее к объяснеиию химического поведения. Когда я иачинал свою работу, химики-оргаиики иитерпретировали свои результаты в терминах теории резонанса, упрощенной версии теории валентных связей, введенной Полиигом. Я показал, что малликеиовские молекулярные орбитали работают гораздо лучше, и я разработал способы их простого использоваиия. Это, в свою очередь, привело к предсказанию целого ряда новых коицепций, которые теперь широко используются химиками-органиками, например, антиароматичиость, сигма-сопряжеиие, ароматичность и антиароматичность в неплоских циклических снстемах, идея о том, что циклическое переходное состояние может быть ароматическим и антиароматическим и что ароматичность циклов, в которых одиа из дающих свой вклад атомных орбиталей, — это d-орбиталь вместо p-орбитали. Я и сам использовал эти идеи для интерпретации некоторых химических реакций.

Я также был пионером в использовании в химии количественных квантовомеханических расчетов как практического средства. В принципе корректный подход здесь состоит в том, чтобы решить соответствующее уравнение Шредингера путем численного иитегрироваиия, если требуется. Однако это возможио только для нескольких очень простых систем. В иных случаях приходится применять упрошающие допущеиия, которые делают расчет осуществимым. Однако при этом ошибка в энергни, которую мы пытаемся вычислить, быстро становится больше величин, подлежащих определеиию. Это всегда так и есть в случае оргаиических молекул, даже наиболее простых. Использование термииа *ab initio* для опнсания этой процедуры оказывается, таким образом, неудачиым, поскольку оно создает полностью дезориентирующее впечатленне о точиости — ситуация, которая бесстыдно используется теоретиками метода *ab initio.*

Ситуации такого рода случались в химии и раньше в других варнантах, и химики установили, что практически полезные результаты в таких случаях часто можно получить введением параметров, значения которых определяются эмпирически, путем согласоваиия расчета и эксперимента. Такой подход и был фактически использован в обсуждаемом вопросе, но в итоге был отвергнут, поскольку не удавалось заставить его хорошо работать. Моя группа показала, что просчет заключался в неудовлетворительиой оптнмизации параметров, и так называемые *полуэмпирические* методы, которые мы создали, оказались очень эффективными. Мы сами очень удачно их использовали в изучении широкого круга химических реакций и в других химических задачах.

Более того, мы сделали это вопреки оппозиции, обструкции и ругани со стороны «официальных» квантовых химиков, которые чувствовали, и вполне справедливо, что наши работы им угрожают. Те, кто используют наши методы в своих работах, до сих пор могут наталкиваться

на препятствия со стороны рецензентов, когда пытаются опубликовать свои результаты или когда они обращаются за поддержкой своих исследований. Но, поскольку все это детально обсуждается в книге, которая представляет собой основу этой статьи, нет необходимости вдаваться в дальнейшие подробности.

Одно из моих наиболее важных в практическом отношении достижений реализовалось при курьезных обстоятельствах. Я делал доклад на конференции в Монпелье во Франции вскоре после того, как разработал концепцию π-комплексов. В конце лекции во время дискуссии кто-то спросил, можно ли таким образом интерпретировать комплексы металлов с олефинами. Видимо, в тот день меня охватила тяга к изобретательству, и я сказал, что можно, конечно, и что эти комплексы должны дополнительно стабилизироваться обратной координацией, в которую вовлекается заполненная молекулярная d-орбиталь металла и пустая антисвязывающая молекулярная π-орбиталь олефина. Чатт фактически признал, что обратную координацию нужно привлечь, чтобы интерпретировать стабильность таких комплексов, но он объяснял это иначе. Он предположил, что олефин изомеризуется в карбен (в этилиден в случае этилена) и, таким образом, комплексы на самом деле являются карбеновыми, а не олефиновыми комплексами. После конференции они с Данкесоном рассмотрели различие этих двух возможностей с использованием новой тогда техники ИК-спектроскопии и нашли, что я прав. Поскольку я не опубликовал мою работу в качестве самостоятельной, теория, согласно которой металл-олефиновые комплексы являются π-комплексами, стала называться теорией Дьюара—Чатта—Данкенсона, и многие в самом деле поверили, что все это заслуга Чатта. Так Чатту была приписана эта идея за доказательство того, что я прав, а он ошибся!

Моя работа в области теоретической химии, возможно, также привлекла внимание к одной из главных проблем сегодняшней науки, а именно, к ее дроблению на возрастающее число все более мелких разделов, каждый из которых выдает себя за независимую область со своими собственными правилами и списком участников. Поскольку область с малой практической значимостью вряд ли может привлечь к себе настоящих людей, участники такого сообщества — скорее всего люди посредственные или хуже того. В созданном ими сообществе процветает взаимное восхищение, проводятся конференции, на которых они поздравляют друг друга с «достижениями», причем со всеми атрибутами действительно значительного коллектива. Если работа, описывающая исследование в такой области, представляется к публикации, журнал посылает ее на отзыв официальным экспертам из этого же сообщества, и возникает так называемый «свой круг», так что, если статья содержит какие-нибудь действительно новые выводы, она, скорее всего, будет отвергнута, даже если аргументы и логика, использованные для получения этих выводов, безупречны. Если авторы официально не входят в число членов сообщества, ситуация еще хуже. Такая статья почти наверняка будет отвергнута, независимо от того, правильная она или ошибочная. Система «своего круга» может,

таким образом, работать как одно из главных препятствий для прогресса, становясь на дороге публикаций новых и значительных материалов.

Беда в том, что люди, работающие в узкой ограниченной области, чаще всего застывают в своих представлениях и поэтому не могут прийти к чему-нибудь действительно новому. Новые идеи имеют обыкновение приходить только извне. Мои ранние работы официально относились к органической, а не к теоретической химии. Вот почему я мог внести новые идеи в теорию. Я не был проникнут ее «официальными» идеями. Но из-за того, что я не был официально признанным специалистом по квантовой химии, у меня часто были большие проблемы с публикацией моих работ даже тогда, когда они были действительно важными, и я уверен, что многие другие оказывались в таком же положении.

Что можно с этим сделать? Честно говоря, я не знаю. Если правила рецензирования будут смягчены, это приведет к тому, что журналы будут завалены мусором. Что действительно требуется, так это некий способ оценки потенциальных рецензентов, чтобы журналы могли лучше их выбирать. Но как это можно сделать? И поскольку большинство из тех, кто обладает высокой квалификацией рецензента, обычно сами делают хорошие работы, правильно ли будет расходовать их время, которое они могли бы потратить с бóльшей пользой на свои собственные исследования, заставляя их рецензировать мусор?

Мои мысли о многих вещах имеют тенденцию быть неортодоксальными. Это потому, что моя карьера была очень странной. Так как об этом написано в книге, побудившей меня написать эту статью, здесь мне достаточно упомянуть только несколько главных пунктов.

Я родился в Индии. Мой отец работал в Индийской гражданской службе — организации, которая управляла Индией, когда она была частью Британской империи. До восьми лет я жил в обществе, в котором не было других белых детей. Я имел обыкновение ходить в клуб, который был социальным центром для других британцев этой местности. Подумать только, я научился там играть в бридж, когда мне было пять лет. Так что я в первый раз встретился с детьми, когда в восемь лет меня послали в интернат в Англию. Там другие мальчики естественно считали меня особенным и задирали беспощадно. В итоге настоящие друзья появились у меня только через много лет, когда я поступил в Оксфордский университет. Так что я всегда был в некотором смысле одиночкой, готовым верить, что все люди против меня, и мне всегда хотелось составить собственные взгляды обо всем по книгам и без чьей-либо помощи.

Моей следующей школой был Винчестер-колледж, который в отношении преподавания считался лучшим в Англии, и к стипендиям для учебы в нем особенно стремились, потому что они исключительно высоко ценились. Я не просто получил там стипендию — я получил ее на год раньше, и к тому же был в числе первых. Стипендиаты жили все вместе в колледже. В течение многих лет один преподаватель математики в Винчестере проводил среди своих студентов тест на интеллектуальность. За двумя исключениями все в колледже были выше стандартной шкалы

оценок, и только двое были в рамках этой шкалы. Один из них учился как раз тогда, когда я там был. Мы все считали его немного туповатым. Таким образом, Винчестер-колледж представлял собой весьма странное сообщество. Там все были гении, так что это была интеллектуальная теплица. Каждый рассуждал обо всем на очень высоком уровне. Это, конечно, была еще одна причина, по которой я никогда не был готов принять что-либо лишь на том основании, что это принимал кто-то другой. И мне было трудно жениться, потому что я не мог бы жить с человеком, менее умным, чем я. А было очень мало таких, кто удовлетворял этому требованию. Благодаря невероятной удаче, я встретил такую, которая была по крайней мере равна мне, и что еще лучше, мне удалось убедить ее выйти за меня замуж. Дополнительным преимуществом было то, что она была не просто миловидной, но очень красивой. Было ли умнó с ее стороны сказать «да» — это уже другой вопрос!

У Мэри было нормальное детство, и она не была, как я, изолирована от мира. Так что теперь, по крайней мере, появился человек, которого я ставил не ниже себя, которого я действительно уважал и который мог руководить мною. А я несомненно нуждался в руководстве! Мэри часто говорила, что я, может быть, хорош в химии и в чем-нибудь еще, что меня интересует, но я безнадежен во всем остальном. Она взяла на себя труд управлять мной. Нельзя сказать, что это было легко, и, оглядываясь назад, я вижу, что я сам был своим злейшим врагом, когда поступал вопреки ее мнению.

Моей главной бедой было нежелание признать поражение, когда со мной плохо обошлись. Во многих случаях такого рода лучше всего сдаться и признать поражение. Но я никогда не был к этому готов. Я всегда махал кулаками после драки, даже когда мне самому это было стыдно. В таких случаях, когда я лез в бутылку, Мэри приходилось в конце концов присоединяться ко мне, даже если это вредило и ей. Ее ситуация напоминала положение владельца посудной лавки с домашним бычком. Обычно хозяин может держать этого быка под контролем, но временами приходит кто-нибудь в чем-нибудь красном. Бык становится неуправляемым, и все, что может сделать хозяин, — это постараться уменьшить ущерб.

Такие эпизоды не описаны в моей книге, потому что при ее написании я следовал совету Мэри. Может быть, это поможет другим, если я укажу на них сейчас и сделаю некоторые выводы, которые из этого следуют.

Первым таким эпизодом был мой переход в фирму «Куртолдс» в 1945 г. Это ничего не принесло мне, кроме вреда. В то время у меня было все для отличной академической карьеры. Я был постдоком в Оксфорде, что давало мне полную свободу действий. Моя работа по стипитатовой кислоте уже принесла мне широкую известность, и я имел поддержку одного из ведущих химиков мира — сэра Роберта Робинсона[3]. Я, конечно, стал бы лектором где-нибудь, как только освободилась бы вакансия.

---

[3] См. примечание на с. 118.

Вместо этого я пошел в промышленность. Правда, это не была работа в обычной промышленной лаборатории. Это была новая лаборатория, которую фирма незадолго до того организовала в Мейденхеде, маленьком городе на западе от Лондона, для фундаментальных исследований, и люди, которые там работали, могли заниматься теми исследованиями, которые им нравились, лишь бы это имело отношение к полимерам и волокнам. Это, однако, на самом деле не имело большого значения, поскольку для внешнего мира промышленность есть промышленность, и возвращение оттуда с любой должности в академические круги было неслыханным делом. К тому же этот переход привел в ярость сэра Роберта. Почему я это сделал? Как написано в моей книге, я начал изучать кинетику некоторых реакций и, занимаясь этим, установил, что недостаточно знаю физическую химию. Поскольку место, которое было мне предложено в «Куртолдс», это было место физикохимика, как будто бы предоставлялась возможность не только изучить физическую химию, но и получить за это хорошую зарплату. Но на самом деле так не случилось. Позвольте теперь перейти к хронике событий.

Если я хотел заниматься наукой, я должен был пойти в Кембридж, а не в Оксфорд. А я пошел в Оксфорд, притом в Бейлиол-колледж, потому что там предоставлялась возможность получить две стипендии. Это было важно, потому что у меня рано умер отец (мне было девять лет), и моя мать осталась с очень скромными средствами. Получив две стипендии, я смог себя обеспечивать.

В то время был только один стипендиат-исследователь в области химии в Бейлиол-колледже — Р. П. Белл («Ронни»), физикохимик. Колледж намеревался пригласить второго стипендиата-исследователя в области химии, органика, но это было отложено из-за войны. Когда война закончилась, колледж стал приводить этот план в действие.

Я был очевидной кандидатурой на это место. Выпускники колледжей в таких случаях всегда имеют преимущество. У меня была великолепная характеристика, и я даже был вхож в «учительскую». К тому же единственным альтернативным кандидатом был очень тупой тип по имени Уотерс (в частном порядке я звал его «старая мокрятина»). Однако на совещании, где решали вопрос об этом назначении, у меня был очень сильный недоброжелатель — Ронни Белл. Поскольку его мнение было решающим, назначили Уотерса.

Узнав об этом, я был оскорблен. Мэри сказала, что я пришел домой в ярости и говорил: «Я оторву ему яйца». Поэтому, переходя в «Куртолдс», я на самом деле хотел отряхнуть прах Оксфорда с моих ног, даже если это было все равно, что отрезать свой нос назло своей физиономии. К тому же это было очень плохо для Мэри. Она успешно приближалась к своей D. Phil. (так в Оксфорде называют Ph. D.), а переезд останавливал ее.

Годы, проведенные в Мейденхеде, были мрачными, особенно для Мэри. Всю неделю я работал целыми днями в «Куртолдс», а вечерами и в выходные дни писал для издательства Оксфордского университета книгу, разрабатывал свой метод приложения молекулярных орбиталей

к органической химии. Я должен был, конечно, делать это, чтобы иметь хоть какую-нибудь надежду вернуться к академической жизни, но это было тяжело для Мэри, особенно потому что она должна была следить за непоседливыми детьми: не было соседей, на которых их можно было бы оставить, нужно было обходиться почти без всякой помощи. К тому же прошло несколько лет, прежде чем мы сумели приобрести автомобиль. До ближайшего продовольственного магазина было полторы мили, а у нас не было холодильника. Так что Мэри приходилось каждый день ходить туда, толкая перед собой детскую коляску, а мне нужно было проезжать шесть миль до лаборатории на велосипеде. Когда этому пришел конец, это произошло весьма неожиданным способом. Мне предложили не только академическую должность, но даже место профессора химии в Колледже королевы Марии (QMC), который представляет собой часть Лондонского университета. Это было почти невероятно. В то время в большинстве университетов Британии было лишь по одному профессору на каждом факультете. Профессор был полным хозяином на факультете; никаких демократических глупостей! Поэтому получение профессорской должности было целью каждого, кто относился к академическим кругам в Британии. Более того, Лондонский университет был одним из трех самых престижных британских университетов, поэтому профессорская должность в этом университете ценилась особенно высоко. Сверх всего я был одним из самых молодых (кроме одного или двух математиков), кто стал профессором в Лондоне, — и это при том, что я вообще не имел до этого никакой академической должности!

Этот переход дал Мэри возможность получить степень Ph. D. по истории, и ее диссертация была опубликована издательством Лондонского университета («Эслоун Пресс»); это была одна из нескольких книг, которые она написала об английской истории эпохи Тюдоров. У нас был очень симпатичный дом совсем близко от Ричмонд-парка. В самом деле, олени подходили к нашему забору за пищей, которую мы им оставляли. Признаться, у меня были проблемы с факультетом в QMC. Главной проблемой был химический корпус, огромный кирпичный монстр о пяти этажах с такими толстыми стенами, что он, к несчастью, остался почти невредимым после бомбардировок Лондона. Мой предшественник, Партингтон, редко бывал в этом месте. Поэтому он позволил загнать себя на верхний этаж, где он имел два кабинета — один для себя, другой для секретаря и одну общую лабораторию. Два сотрудника, следующих после него по рангу, Джонс и Хикинботтом, устроились лучше, на более низких этажах. Я, конечно, мог их выставить, но я не хотел их огорчать. Мне за это вовсе не сказали «спасибо». Оба они ненавидели меня, потому что каждый из них считал, что именно он должен был стать профессором, и, естественно, оба они ненавидели и друг друга. Лифтов, конечно, не было — когда это здание строилось, лифты еще не были изобретены, а были только две лестницы, каменные, спиральные, по обоим концам здания, без стекол в том, что должно было бы служить окнами, так что зимой снег часто попадал на идущего по лестнице, и иногда

приходилось это делать, потому что уборные в этом здании были только на первом этаже. Однако во время собеседования по поводу получения профессорской должности мне сказали, что химический корпус является очередным пунктом строительной программы колледжа, и что ведутся активные поиски необходимых средств.

Были и другие проблемы, например то, что на факультете не было оборудования и не было денег приобрести его. Оригинальный способ, с помощью которого я вышел из этого положения, описан в моей книге. Однако никакая оригинальность не помогла бы мне решить проблему здания как такового.

Когда я пришел в QMC, тамошний химический факультет фактически был неизвестен. За шесть лет благодаря моим усилиям и усилиям других членов кафедры, некоторых из которых я сам взял на работу, и почти все они встали на ноги благодаря моему поощрению, этот факультет стал одним из лучших химических факультетов в Британии, тогда как физический факультет все еще оставался в плохом состоянии. И в этот момент колледж решил, что раз химия идет так хорошо, а физика так плохо, очередное здание нужно дать не химикам, а физикам в надежде, что это поправит их дела. Не нужно даже говорить, что я был взбешен. Это было истинной причиной моего переезда в Америку. Я не мог перейти на другое место профессора в Британии, потому что то место, которое я имел, было одним из самых высоких в стране, а все другие, на которые я мог бы перейти, были заняты довольно молодыми людьми и вряд ли могли стать вакантными.

Этот переезд поверг в шок академические круги. Никогда прежде не случалось такого, чтобы профессор из респектабельного британского университета дезертировал. В самом деле, когда стало известно, что профессор сэр Дерек Бартон, профессор органической химии в лондонском Империал-колледже, получил весьма привлекательное предложение виднейшего американского университета, ректору (президенту) колледжа было направлено специальное сообщение из британского кабинета министров, где было сказано: «Все, что нужно сделать, чтобы удержать профессора Бартона, должно быть сделано». Дерек, один из моих давних друзей, тоже старался получить новое здание для химии, но ему отказали по причине отсутствия денег. Вскоре после своего отъезда он прислал мне записку, где было сказано: «Тебе будет любопытно узнать, что в итоге мне дают новое здание». Дерек, в конце концов, все же оказался по ту сторону Атлантики, потому что, когда он по возрасту вышел на пенсию в Лондоне, ему предложили место профессора в Техасском университете.

У меня не было необходимости покидать QMC, и все можно было уладить; я мог без труда еще немного подождать новое здание. Однако, когда впоследствии я видел хаос, порожденный строительными работами, я понимал, что поступил правильно, отстранившись от этого. Кроме того, переезд в Америку был полным успехом во всех отношениях и для двух наших сыновей, и для нас обоих. Это был тот случай, когда мой отказ примириться с теми, кто взял надо мной верх, оправдался!

Но один важный момент был неправильно описан в моей книге. Я там писал, что когда Караш[4] умер, Чикагский университет предложил мне кафедру химии, которую он занимал. На самом деле это было не так. Мне была предложена должность полного профессора и зарплата, соответствующая должности заведующего кафедрой, но не кафедра. По техническим причинам (это было связано с пожертвованиями) место заведующего кафедрой как таковое оставалось вакантным. Меня, однако, заверили, что я получу его, как только этот вопрос прояснится. Поэтому, когда тремя годами позже это место было отдано другому, я ужасно рассердился. И по этой именно причине я ушел в Техасский университет в Остине, который в то время был фактически неизвестен. Все считали, что это безумие — идти туда, и по большому счету они были правы. Впрочем, лишь через некоторое время выяснилось, что дела идут неважно, но так как все это подробно описано в моей книге, нет нужды к этому возвращаться. Однако жизнь могла бы быть много проще для всех нас, если бы я оставался в Чикаго до тех пор, пока не поступило бы предложение из другого ведущего американского университета.

<...>

Итак, мой главный вывод на самом деле весьма прост. Если кто-нибудь бьет вас, не давайте сдачи. Хотя бы подождите, пока не разберетесь, не может ли ответный удар привести к тому, что дела пойдут еще хуже. И если это так, смиритесь с ситуацией. Вы можете думать, что это несправедливо, если с подлецами обходятся не так, как надо обходиться с подлецами. Но жизнь несправедлива, и вы никак не можете сделать ее справедливой. Это мой второй вывод. А третий вывод еще проще. Оставьте ваше неблагоприятное мнение о других для собственного пользования. Я никогда по-настоящему этого не делал. В самом деле, некоторые мои суждения о других химиках были непечатными. Нет нужды говорить, что все мои друзья-химики были не просто хорошими химиками, а совершенно выдающимися химиками. Но прочие, естественно, старались всеми доступными способами осложнить мою жизнь, и часто им это удавалось.

Эти мои проблемы были значительно осложнены сэром Робертом Робинсоном. Я испытывал по отношению к нему чувство огромного восхищения, и он тоже не был из тех, кто может быть выше злословия людей, которых он презирал. От него я научился необходимости быть абсолютно честным в науке и никогда не позволять личным интересам оказывать влияние на работу. Но он был склонен слишком сильно выражаться, когда другие химики не поднимались до его высоких стандартов. Его беспощадная схватка с Ингольдом была классическим примером. <...>

Проблемы Мэри могли бы быть смягчены, если бы ее колледж в Оксфорде не умыл руки после ее отъезда. Беда состояла в том, что она связалась с неподходящим колледжем, Лэди-Маргарет-Холл (LMH), вместо того, чтобы иметь дело с Сомервиллом. LMH был весьма снобистским местом, где было много девушек, пытавшихся притвориться,

---

[4] См. примечание на с. 204.

что они занимают более высокое соцнальное положенне, чем это было иа самом деле, н к тому же очеиь набожных. Но больше всего ее обнжалн преподавателн — онн былн под впечатлеиием соцнального превосходства девушек, которых учнлн. Поскольку Мэрн была родом нз промышлеиной севериой Англии, из очень непрестнжных краев, в LMH она инкому не была по душе. Онн ие моглн отказать ей в прнеме, потому что ее рсзультаты иа экзаменах былн совершеиио нсключительнымн. А Сомервилл нмел дело только с академнческнмн достижеиинямн. Там ннкто ни в малейшей степенн не ннтересовался, откуда студент прншел, нитересовались только тем, насколько он был хорош. Почему же Мэрн не пошла в Сомервилл? Это была сще одна подножка судьбы. Она собиралась пойти в Манчестерский уннверснтет, главный уинверснтет на севере Англни. Но когда ес экзаменацнонные результаты оказались столь выдающнмися, днректрнса ес школы посоветовала ей попробовать поступнть в Оксфорд. До этого оиа инчего не знала об Оксфорде, ей пришлось положиться на совет директрисы. Прежде нн одна нз воспнтанинц этой днректрнсы не поступала в LMH, н сй было ннтересио узнать, что это за место. Вот она и посовстовала Мэрн попробовать снлы в LMH.

Жизиь все время заставляла нас бороться. И до тех пор, пока мы былн вдвоем, все шло хорошо, но одинночество оказалось для меня тяжкнм.

Литература

1. *Cornforth J. W.* The Chemical Intelligencer. 1998, *4* (3). P. 32.
2. *Dewar M. J. S.* A Semiempirical Life. Washington, D. C.: American Chemical Society, 1992.
3. *Edwards J. T.* The Chemical Intelligencer. 1997, *3* (1), 25–30.
4. *Dewar M. J. S.* The Chemical Intelligencer. 1997, *3* (1), 34–39.
5. *Davenport D. A.* The Chemical Intelligencer. 1997, *3* (4), 53–55; *Laidler K. J., Leffek K. T., Shorter J.* Ibid. 1997, *3* (4), 55–57.

Джон Попл, 1995 г.
(фото И. Харгиттаи)

14

Джон Попл (John A. Pople)

Джон Попл (родился в 1925 г. в Великобритании) — профессор химии попечительского Совета Северо-Западиого уииверситета в Эванстоие, Иллинойс. Ои прославился преждв всего в связи с рвволюционными достижеииями в вычислительиой химии. Нобелевскую премию 1998 г. по химии разделили Джои Попл «за развитие вычислитвльиых методов в квантовой химии» и Уолтер Кои из Калифориийского университета в Саита-Барбара «за развитив теории функционала плотности».

Доктор Попл получил все свои степеии в Кембриджском уиивврситете, в том числе степеиь D. Phil. по математике в 1951 г. Был Кариеги-профессором химической физики в 1964–1974 гг., и Джон-Кристиан-Уориер-профессором естествеииых наук в 1974–1991 гг. в Университете Кариеги Мвллоиа в Питсбурге, Пвисильваиия. С 1991 г. работает в Северо-Западиом уииввриситете. Ои члвн Королевского общества (Лондои), иностраииый члеи Национальной академии иаук США, члеи-корреспондент Австралийской академии наук. Его миогочислеииые отличия включают в себя премию Лайнуса Полиига Американского химического общества (1977), медаль Дэви Королевского общества (1988) и премию Вольфа (Израиль, 1992). Наш разговор происходил в его кабииете в Эванстоив 29 декабря 1995 г. и впервыв был опубликован в «Химическом собеседике»[1].

[1] The Chemical Intelligencer. 1997, *3* (3), 14–19, 1997, Springer-Verlag, New York, Inc.

В чем суть вычислительной химии?

Вычислительная химия — это практическое применение существующей теории к изучеиию частных химических задач с помощью компьютерных программ. Некоторые учеиые усматривают прииципиальное различие между вычислительной химией и лежащей в ее осиове теорией. Я предпочитаю этого ие делать, и думаю, что вычислительная химия — это именно реализация теории применительно к химическим задачам. Теория существовала раньше, а компьютеры существенно расширили ее применение.

Способствует ли широкое распространение компьютеров развитию теории?

Вы правы, влияние здесь обоюдиое. Многие теории, которые теперь используются, существовали в гораздо более простой форме, когда люди могли выполнять только очень простые вычнсления с помощью разиых калькуляторов или логарифмических таблиц. И наоборот, необходимость эффективного использования компьютерных программ имела своего рода обратное действие на теорию. Иногда можио улучшить теорию путем обнаружения более быстрого, более эффективного способа выполнения расчета. В последиие годы бóльшая часть достижений состояла в улучшении используемых алгоритмов.

Какова в настоящее время самая важная проблема, стоящая перед теорией?

Теория применима ко всей химии. Почти любая химическая проблема может быть продвинута теоретическими методами на любом уровне. Некоторые старые теорин теперь реализоваиы количествеиио. Есть и новые теории.

Теория Меллера—Плессета, созданная в 1930 г., широко используется для учета электронных корреляций в расчетах ab initio с использованием молекулярных орбиталей. Могут ли другие старые теории найти применение в наши дни?

Да, коиечио. Мы все время выискиваем лучшие методы в старой литературе.

Каковы сейчас Ваши научные интересы?

Теории, которые я сейчас развиваю, используют фуикционал плотности и имеют целью решение квантовомеханических задач более эффективными методами, чем те, которые применялнсь раньше, путем исключения некоторых трудных этапов из предшествующих вычислительиых методов. Суть теории функциоиала плотности состоит в попытке нспользовання распределения электронной плотности, того самого, которое измеряется в рентгеновской кристаллографии. Мы хотели бы перейтн от распределения электронной плотности непосредствеиио к энергии. В принципе это возможно, но ие вполне ясно, как это сделать практически. Есть основания думать, что это можно сделать более эффективно, чем позволяют существующие методы.

Кок учитывоются положения ядер?

В электронной структурной теории изучаются распределения электронной плотности для некоторого конкретного расположения ядер в молекуле, выражается энергия для этого ядерного расположения, а затем изучаются другие расположення ядер. Точно так же химики представляют себе молекулы. Сначала ядра находятся в фиксированном положении, потом онн перемещаются на потенцнальной поверхности. Теория функционала плотности гласит, что, если точно известно распределенне электронной плотности в молекуле для данного положения ядер, из этого можно найти полную энергию молекулы.

Что делоет теорию функционольной плотности более простой для применения, чем квонтовохимические методы?

Она проще потому, что электронная плотность — это функция, заданная в пространстве трех измерений. Получение полной волновой функции электронов — это задача, соответствующая $3n$-измеренням, где n — полное число электронов. При полном решеннн квантовомеханнческой задачн для фиксированного ядерного расположення используется уравнение Шредингера для $3n$-мерного пространства. В прннцнпе, если только знать, как это сделать, перейти непосредственно от плотностн к энергии было бы очень важно. Беда в том, что точный способ решення остается неизвестным.

Носколько продвинулось решение этой зодочи?

Метод уже используется. Простейшая форма теории функцнонала плотности называется приближеннем локальной плотности. Это приближение по существу основывается на том, что в каждой точке молекулы, если известна плотность в этой точке, предполагается, что свойства в этой области те же, что и в однородном электронном газе с той же плотностью. Это — грубое приближение, но оно используется, и делаются попытки его улучшить. Это очень активно развнвающаяся область в теорин электронной структуры.

Кокие свойство можно токим оброзом нойти?

Если знать электронную структуру молекулы, фактнчески можно вычислить любое свойство этой молекулы. Структура — это положение мннимума на потенцнальной поверхности. Для двухатомной молекулы получается потенциальная кривая с минимумом, который соответствует длине связн. Для многоатомной молекулы поверхность потенцнальной энергии — это функция многих координат. Возможные структуры соответствуют положениям минимумов на этой поверхностн. Разные минимумы соответствуют разным изомерам данной молекулы. Как только вы их определили, можно извлечь нз этого н другне свойства, напрнмер, колебания молекулы определяются локальной кривизной минимума, н онн позволяют получить гармонические силовые постоянные. Из потенцнальной энергии можно также вычислить измененне энергни прн разрыве молекулы на две части, т. е. энергию диссоциации. Можно определить силу связи,

вычислить энергию активации разных реакций; это энергия, которая требуется, чтобы перейти от локального минимума к переходной структуре, т. е. к седловой точке на потенциальной поверхности, соответствующей супермолекуле. Можно получить и другие свойства, такие как электрический дипольный момент, магнитные свойства, ядерные константы магнитного экранирования. Фактически любое физическое свойство молекулы определяется из ее волновой функции в электронной структурной теории.

Как Вы определяете супермолекулу в Ваших исследованиях реакционной способности?

Супермолекула — это попросту две молекулы, рассматриваемые как одна большая молекула.

Чему соответствует «ошибка эксперимента» в вычислительной работе?

Хороший вопрос. Способ, которым я обычно оцениваю ошибку, это построение теоретической модели. Мы применяем одну и ту же теоретическую модель по сути дела для всех молекул. Эта модель соответствует определенному уровню приближения. Затем мы применяем этот же уровень расчетов к очень большому числу различных молекул, что дает целую «химию», соответствующую данному приближению. Эта «химия», естественно, не будет совпадать с реальной «химией», но она будет в той или иной степени воспроизводить реальную «химию», и если используется хорошая модель, это воспроизведение будет хорошим. Я стараюсь взять определенную модель и затем попытаться использовать эту модель для воспроизведения большого числа хорошо известных фактов экспериментальной химии. Например, вы стараетесь воспроизвести длины связей в большом числе простых органических молекул или теплоты образования для этого ряда молекул, причем в ситуации, когда эксперимент не вызывает сомнений. Затем можно провести статистическую обработку и сказать, например, воспроизводит ли эта теория все известные теплоты образования с точностью 2 ккал/моль. Это и определяет степень доверия к данному уровню теории. Если затем использовать ту же теорию в ситуации, когда экспериментальные данные, возможно, отсутствуют, то будет известна вероятная ошибка проведенных вычислений.

Это полуэмпирический подход?

Да, в известном смысле это полуэмпирика. В чистом виде полуэмпирика — это когда, имея некую теорию, вы используете много параметров, а затем определяете новые параметры для новых систем. Но здесь я говорю о ситуации, в которой берется одно простое, хорошо математически определенное приближение и испытывается именно это приближение. Если вы это сделали, то имеете именно то, что требуется. Вы получили уровень недостоверности теории. Если же, используя эту теорию, вы воспроизводите все известные теплоты образования, скажем, в пределах 2 ккал/моль, а затем рассчитываете теплоту образования для еще не изу-

чавшейся молекулы, у вас есть некоторые основання вернть, что ваш результат достоверен с точностью до 2 ккал/моль.

Пачему же тогда этат расчетный результот обычна публикуется без указания какой бы то ни было ошибки?

Я обычно разрабатываю теории, которые откалиброваны нменно указанным способом. Мы развили, например, так называемую G-2 теорню, н она совершенно сознательно была обоснована нменно этим способом. Сначала мы собрали все те молекулы, для которых экспернментальные теплоты образовання были определены очень точно. Их было не так уж много — около сотнн. Затем мы поставилн своей целью создать теорию, которая воспроизводила бы все эти величины со средней абсолютной ошибкой в 2 ккал, и это удалось. Таким образом, точность предсказания теплоты образования с помощью G-2 теории близка к 2 ккал. Такую цель в том, что касается ошнбок, всегда нужно преследовать в вычнслительной работе. Я в этом совершенно уверен.

Каким далжна быть идеальное саотнашение между экспериментальными и расчетными исследованиями?

Я полагаю, что расчеты должны быть одним из методов, доступных любому химику, включая тех, кто занимается инструментальным экспериментом. Такие вычисления могли бы расширять экспериментальные работы.

Имеется ли прогресс в этам направлении?

Имеется, конечно, но не такой большой, как хотелось бы. Старшее поколение особенно подозрительно относится к теорин. Они к ней не прнучены и, вероятно, думают, что это слишком сложно. В действительности применять теорию совсем не сложно. Развитне теории и создание программ — трудное дело, но использованне теорни столь же просто, как и использование других методов, таких как кристаллография или магнитный резонанс.

Следует ли рассматривать вычислительную химию как самостаятельную дисциплину?

Есть профессора теоретической хнмин. Тем не менее, я не думаю, что вычислительная химия должна быть отдельной дисциплнной. Это метод, который всем химикам нужно использовать. Следовательно, вычислительная химия должна присутствовать в общем учебном плане, ее следует преподавать, но вовсе не обязательно это должен делать химик-теоретнк. Программы должны рассматриваться как черный ящнк, точно так же, как сложный спектрометр, и химикам следует научнться нми пользоваться, прнчем пользоваться критически, чтобы понять ограничення, имеющнеся в том, что они получают, — как и при использовании любой другой техники.

Похоже, нoблюдоется быстрое увеличение числа публикаций вычислительных робот из лобораторий, в которых покупко компьютера и неабходимого программнага абеспечения может доть более короткий путь

к праведению исследаваний скарее, чем развитие экспериментальнай химии. Появляется множество тоблиц с цифрами, ат которых далеко не всегдо есть кокоя-нибудь пальзо.

Согласен, многочисленные публикации цифровых данных не очень-то полезны. Что полезно, так это изучить определенный класс соединений, выполнить некоторое число вычислнтельных исследований этих соединений и довести эти исследования до наилучшего возможного уровня с использованием современного оборудования так, чтобы они проливали свет на свойства этих соединений, на их реакционную способность. Тогда это будет хорошая наука, согласующаяся с соответствующими экспериментальными исследованиями.

Имеется ли предубеждение в научных журнолох против публикации работ, каторые содержат талько вычислительные результаты?

Такое предубеждение есть в Журнале Американского химического общества, этот журнал явно против таких статей.

Вы имеете репутацию человека, который больше, чем кто-нибудь другой тронсформировал химию, сделав ее не толька экспериментальной, но и вычислительной ноукой.

В аспекте электронной структуры, да.

Вы были балее зоинтересованы в том, чтобы сделать вычислительный падхад доступным для применения, чем в продвижении но высший уровень сложности для некаторых избранных простых систем, не так ли?

Да, это так.

Как Вы выстроили свою стротегию, когда впервые занялись рабатой?

Это было очень давно, в то время, когда я сформулировал концепцию, согласно которой теория одного уровня охватывает всю химию. Это было во время моих постдоковских исследований в 1952 г. В то время в практическом плане возможностей не было никаких. Первой теорией из этой катсгории была так называемая теория ППП (Паризера—Парра—Попла), которая по сути принимала во внимание лишь по одному электрону от каждого атома и в 1950 г. использовалась очень успешно для p-электронов в ароматических углеводородах. Это была очень упрошенная теория, которую в те времена можно было использовать без компьютеров. Но Вы правы, моей главной целью всегда было создание теории, соединенной с вычислительными методами, которая могла бы широко применяться и позволяла бы пролить свет на как можно большее число химических свойств. Это оказалось очень успешным подходом, и во многом мне помог огромный прогресс электронных вычислений.

Вы это предвидели?

Я не предполагал, что он будет таким широким, как это произошло, но, тем не менее, я ждал, что это случится. Электронные компьютеры существовали и в 1940-х гг., но они были очень незатейливыми. Чтобы

узнать, что два плюс два равняется четырем, вам надо было загрузить «два» и «два», потом определить действие, нажать кнопку получения результата и ждать ответа «четыре».

В чем Вы чувствуете ограниченность современных компьютеров?

Всегда есть ограничения. Если вы достигли цели, вы всегда стремитесь к бóльшему. Программы могут быть слишком медленными, занимают слишком много места и памяти, но эти ограничения быстро меняются.

Когда Вы переехали в Соединенные Штаты и почему?

Свои первые исследования я проводил в Англии. Я начал заниматься химией в 1948 г. в качестве аспиранта под руководством Леннард-Джонса и занимал разные должности в Англии до 1964 г. Я работал на математическом факультете Кембриджского университета и преподавал скорее математику, чем химию. Свою степень Ph. D. я получил по математике. Это в традициях Кембриджа. Многие занимаются математикой, а потом обращаются к теоретическому естествознанию. Вспомним хотя бы Исаака Ньютона. Многие из наиболее известных физиков-теоретиков Кембриджа, такие как Дирак, были профессорами математики. Я читал лекции по математике. Потом с 1958 до 1964 гг. работал в Национальной физической лаборатории, которая представляет собой эквивалент американского Национального бюро стандартов. А в 1964 г. перешел в Университет Карнеги-Меллон в качестве профессора химии. Частично причиной того, что я перебрался сюда, было бóльшее, чем в Англии, внимание американцев к вычислительной науке. До того как я в первый раз посетил Соединенные Штаты в 1955 г., когда мне было 30 лет, я не прочел ни одной лекции ни на одном химическом факультете в Англии. Я проводил семинары в группе теоретической химии, но никогда не читал общей лекции. Потом я переехал в США и посетил несколько университетов, включая Калифорнийский и Чикагский. Мне показалось весьма примечательным, что приходило до ста человек послушать, что я могу сказать. Соединенные Штаты были лучшим местом для развития теории в то время.

Джон Попл около 1970 г. (из *Proceedings of The Robert A. Welch Foundation Conferences on Chemical Research*, Houston, Texas, 1973)

Вим требавалась значительная поддержка?

Нет, только осиовиос компьютсриос оборудоваиие и иесколько сотрудииков, и Национальный иаучиый фоид давал эту поддержку. Мие очеиь везло в отиошеиии качества сотрудииков, которые работали со миой.

Каково Ваше участие в разрабатке праграмм «Гауссиан»?

Гауссиаи-70 — так иазывалась первая программа *ab initio*. До этого создавались полуэмпирические программы. Псрвоиачальио я дал толчок проскту «Гауссиаи» (в 1968 г.), затем ои стал коммерческим продуктом. Одиако иачииая с 1992 г. я ис вхожу в эту компаиию. И предпочел бы большс ие обсуждать этот проект.

Вы имеете множество ноград и атличий. ,Хатели бы Вы выделить какую-нибудь из них?

Когда я был аспираитом в Кембридже, я получил премию Смита. Это старииная иаграда, которая идет из XVIII столетия. Это хорошо известиая прсмия для аспираитов-математиков. Потом послсдией была премия Вольфа 1992 г. в Израиле, которая является иаградой высшего уровия, и это было приятиым событием. Это — как Нобелевские премии, которые присуждаются за деятельиость в разиых областях и даже шире, чем Нобелевские премии, потому что их дают и за достижеиия в области искусства.

Чта побудило Вос в Вашем детстве выбрать токой жизненный путь?

В детстве я обиаруживал математические способиости и иачал составлять исследовательские программы, когда мие было 12 лет. Я иитсресовался перестаиовками, хотя тогда я ещс ие зиал такого слова. Начал составлять таблицы $n!$, ио держал это при себе: 12 лет — это ие тот возраст, когда человск хочет выглядеть как учеиый. Позже у меия были очеиь хорошие учителя в старших классах.

Кокава Воше праисхождение?

Моя ссмья ие отиосилась к академичсскому сословию; у отца был магазии одежды в Западиой Аиглии, в маленьком городкс, иазывающсмся Берихем, в тридцати милях от Бристоля, где я закаичивал школу. Это была лучшая школа в региоие, и оттуда я отправился продолжать образоваиие в Ксмбридж.

Происходя из среднега класса, чувствавали ли Вы себя на своем месте в Кембридже?

Всегда было можно поступить в Кембридж или Оксфорд с любым происхождсиием, имея стипеидию. Я приият участие в коикурсе иа получеиие стипсидии, сдал экзамеи в Тринити-колледж и стал стипендиатом этого колледжа. Это традиция, идущая из давиих времси. Люди могут стать стипеидиатами кембриджских коллсджсй вие зависимости от своего происхождеиия, если сдают этот экзамеи. Это дает опредслеииые привилегии при поступлеиии в уиивсрситет. Таким путем люди из любых семей переходят в разряд профессиоиалов. Благодаря этому Англия фактически

не является полностью классовым обществом. Некоторые поступают в Оксфорд и Кембридж, потому что так надо или потому что их родители принадлежат к высшему классу, но другие попадают туда как стипендиаты. Студенты делятся на «стипендиатов» (Scholars), которые завоевали право на стипендию, и «коммонеров» (Commoners). «Стипендиаты» имеют привилегии. Например, в часовне колледжа «стипендиаты» сидят на привилегированных местах, а «коммонеры» внизу.

Кто оказал на Вас сильное влияние?

Мой руководитель Леннард-Джонс очень вдохновлял меня, и он очень мне помог, когда я приобщался к химии.

Расскажите о своей семье.

Моя жена преподавала фортепьяно, теперь она на пенсии. Мы встретились, когда я был аспирантом в Кембридже. У нас четверо детей, никто из них не занимается наукой. Трое родились в Британии, один — здесь; теперь один живет в Ирландии, остальные — в Соединенных Штатах.

Почему Вы переехали в Эванстон?

Мы переехали в 1981 г. в Чикаго, потому что там жила наша дочь. Поэтому, в течение некоторого времени, я регулярно ездил в Питсбург. Потом, когда я вышел в отставку в Карнеги-Меллон, я получил полставки профессора в Северо-Западном университете и теперь живу поблизости.

Ваше хобби?

Слушать классическую музыку.

Вы определили свою программу в 1952 г., и теперь, несколькими десятилетиями позже, она реализована. Видите ли Вы среди нынешнего молодого поколения людей, которые имеют столь длительные программы?

Мне посчастливилось оказаться на нужном месте в нужное время, и появление компьютеров сделало все это возможным. Другие люди тоже задумывали смелые стратегии, как те, кто развил компьютерную логику и всю компьютерную науку. Трудно сказать, есть ли теперь такие, кто начинает дело с таким размахом. Но это возможно. Люди могут, например, пытаться понять механизмы человеческого сознания.

Роальд Хофман, 1994 г.
(фото И. Харгиттаи)

15

Роальд Хофман (Roald Hoffmann)

Роальд Хофман (родился в 1937 г. в Золочеве в Польше, теперь это Украина) во время записи этого интервью был Ньюменовским профессором физики (John A. Newman Professor of Physical Science) в Корнельском университете. Теперь он там же Родесовский профессор гуманитарных наук и профессор химии (Frank T. H. Rhodes Professor of Human Letters and Professor of Chemistry). Он поделил Нобелевскую премию 1981 г. по химии с Кенити Фукуи «за их независимо развитые теории, касающиеся хода химических реакций».

Пережив нацистскую оккупацию, Роальд Хофман приехал в США в 1949 г. Он окончил Колумбийский университет в 1958 г. и получил степень доктора философии (Ph. D.) в 1962 г. в Гарвардском университете, где его руководителем был У. Н. Липскомб (Нобелевский лауреат по химии 1976 г.). Затем он оставался в Гарварде еще три года в качестве младшего стипендиата-исследователя, работал вместе с Р. Б. Вудвордом (Нобелевский лауреат по химии 1965 г.). Результатом этого сотрудничества стало правило Вудворда—Хофмана о сохранении орбитальной симметрии при химических реакциях. С 1965 г. д-р Хофман трудится в Корнельском университете.

Он член Национальной академии наук, Американской академии искусств и наук, Американского философского общества, иностранный член Королевского общества (Лондон), Индийской национальной академии, Российской академии наук и многих других научных обществ. Удостоен медали Пристли, премии А. К. Коупа по органической химии,

премии по иеорганической химии и учрежденной Американским химическим обществом премии Дж. Пиментела за достижения в химическом образоваиии, а также многих других наград и отличий. Д-р Хофман пишет стихи, опубликовал несколько научно-популярных книг.

В конце июня 1994 г. Роальд Хофман и его жена Ева провели неделю в Будапеште. Поскольку Еву интересовали кружева, мы отправились в Кишкунхалаш (это около 130 км южнее Будапешта), знаменитый своими кружевами. Пока автомобиль ехал в Кишкунхалаш, мы беседовали, записывая разговор на пленку. Интервью появилось в «Химическом собеседнике»[1]. Я благодарен д-ру Хофману за то, что он позволил мне использовать его стихотворение «Два отца» в настоящем издании в качестве иллюстрации к нашему разговору.

Прежде всего, я хотел спросить о Ваших школьных годах и о Ваших учителях. Вы пишете в одном из своих стихотворений о мальчике (вероятно, о самом себе), у которого не было ни одной собственной книги до 16 лет.

Мои школьные годы совпали с войной. Сначала это были несколько месяцев в украинской школе в Золочеве. Потом были второй и третий классы в католической школе в Кракове в Польше. В четвертом классе я учился на идиш в лагере для перемещенных лиц в Австрии. Потом я немного учился на немецком языке в Германии, и, наконец, в пятом и шестом классах мне уже все преподавали на иврите в Мюнхене. Алгебру я начал учить на иврите. Все это я говорю для характеристики моего образования беженца со смесью языков, которой пользовались многие дети в тот хаотический послевоенный период. Потом нам посчастливилось попасть в США, где все пошло хорошо. Я учился в государственных школах в Нью-Йорке. Сначала посещал государственную школу в Бруклине, потом специальную общественную научную школу, которая называлась Stuyvesant High School. Там была удивительная концентрация талантов — в этой общедоступной мужской школе в Нью-Йорке. Потом я поступил в колледж в Колумбийском университете. Таким образом, я вырос в Нью-Йорке. И, в конце концов, я поступил в аспирантуру в Гарварде.

Мы были бедны; моим родителям было нелегко начать жизнь в новой стране. В самом деле, у нас не было денег, чтобы купить мне хотя бы одну книжку, пока мне не исполнилось 16. Я не могу вспомнить каких-либо впечатляющих учителей до старших классов школы. Однако помню, что не особенно интересовался химией. В Stuyvesant High School были курсы повышенного типа по всем предметам. Теперь в США такие курсы называются «advanced placement courses» (курсы повышенного типа для профессиональной ориентации). Это было своего рода повторное расширенное образование по каждому предмету. Я прошел такие курсы по биологии и физике, но не по химии. Я изучил также кучу курсов по математике. В последний период своего школьного образования я собирался заняться медицинскими исследованиями. Это был бы

[1] The Chemical Intelligencer, 1995, *1*(2), 14 и 18–25, 1995, Springer-Verlag, New York, Inc.

компромисс между желаниями моих родителей, чтобы я стал врачом, и тем, что я хотел делать, т. е. научной работой. Я поступил в университет на подготовительное медицинское отделение. Но это продолжалось не более года, и я как-то понемногу склонился к химии.

В старших классах школы у меня были необыкновенно хорошие учителя по математике и биологии. В Колумбийском университете были замечательные преподаватели гуманитарных дисциплин. И некоторые естественнонаучные предметы преподавались хорошо, но вряд ли хотя бы один из них вдохновил меня вплоть до последнего года обучения в колледже. В самом деле, я думаю, что, если бы на последнем году обучения я не встретился с такими учителями, как Джордж Френкель и Ральф Хэлфорд, я бы пошел по гуманитарной линии.

Гуманитарные предметы были так соблазнительны, особенно история искусств! У нас были фантастические учителя по японской литературе, по истории искусств, по английской литературе, поэзии и другим литературным предметам. Целый мир открылся передо мною, и они были наиболее воодушевляющими учителями из тех, кого я знал.

Роальд в возрасте 8 лет в кожаных штанишках перед своим домом в Кракове, 1945 г. (предоставлено Роальдом Хофманом)

Что обратило Вас к химии?

Было несколько факторов. Во-первых, то, что на последнем году обучения я прослушал действительно хороший курс теоретической химии. Но, наверно, главную роль сыграла летняя практика. Сначала это было между школой и колледжем в Национальном бюро стандартов (НБС), тогда оно находилось в Вашингтоне — я работал там два лета. Первое лето было очень скучным, но это было мое первое приобщение к исследованиям. Я занимался термохимией цемента с человеком, которого звали Эд Ньюмен. Моя самая первая печатная научная работа появилась в журнале НБС и касалась теплоты образования гексакальциевого алюмоферрита. Это соединение, которое присутствует в цементе. После этого я твердо знал, что не хочу заниматься химией цемента, но исследовательская работа действительно была весьма увлекательной.

Я вернулся туда на следующее лето, и мне довелось делать нечто более интересное. Это был низкотемпературный пиролиз углеводородов (имеются в виду температуры около 300° С). Затем в следующее лето

я работал в области радиохимии в Брукхейвене с Герхардом Фридлендером и Джимом Каммингсом. Мы конструировали счетчик низкого уровня для углерода-11. Это было захватывающе. Вообразите, имеешь дело с тысячей атомов углерода-11 и нужно быстро измерить их количество, при том, что период полураспада составляет 20 минут!

Хотя впоследствии я ничем подобным не занимался, это было приобщение к реальным исследованиям. И это было очень важно для меня. Я до сих пор думаю, что для многих юношей такие исследования — это путь в науку. Неважно, в чем именно заключается работа, но атмосфера маленькой исследовательской группы, близость к науке и к ученым, погружение в реальность того, о чем ранее было известно лишь из прослушанных курсов — все это очень существенно.

Могло бы случиться и так, что мне пришлось бы заниматься другими вещами. В то время я полагал, что недостаточно силен в физике, хотя у меня были высшие оценки по всем физическим предметам. Я видел юношей, моих друзей, которые разбирались в этом лучше. Теперь я думаю, что я ошибался и мог заниматься физикой вполне успешно. По аналогичным причинам я отверг математику. Не знаю почему, но я не заинтересовался биологией в тот момент моей жизни.

Так что, как видите, я пришел в химию довольно поздно и без сильной мотивации, за исключением того, что мое приобщение к исследованиям состоялось именно в химии. Это правда, что у меня был набор химических реактивов, когда я был ребенком, но я не очень-то любил эту деятельность. В самом деле, я окончательно решился стать химиком только в 20 лет, а может быть и позже.

Как Вы охарактеризовали бы свое отношение к тем, кто учил Вас в аспирантуре? Что важно для аспиранта?

Я работал над моей диссертацией с двумя людьми. Я начинал с Мартином Гутерманом и заканчивал свою работу с Уильямом Липскомбом. У обоих я был первым аспирантом в Гарварде. Сначала я хотел работать с Биллом Моффитом, профессором в Гарварде, который был в то время всемирно известным молодым теоретиком. Но он умер в тот год, когда я приехал в Кембридж[2]. Мартин Гутерман, бывший у него стажером, получил должность преподавателя, а потом ассистента. Гутерман учился у Платта в Чикаго и интересовался спектрами порфирина. Теперь он в Вашингтонском университете и он продолжает активно заниматься спектроскопией и теорией. После работы в течение приблизительно года с Гутерманом я поехал в Россию, чтобы заниматься теорией экситонов с Давыдовым. После моего возвращения я включился в работу с Липскомбом. Мне потребовался всего лишь год у Липскомба, чтобы завершить мою диссертацию в 1962 г. После этого, в течение трехлетней работы младшим стипендиатом-исследователем в Гарварде, когда я был

[2] Имеется в виду Кембридж в США, где находится Гарвардский университет. — *Прим. пер.*

вполне независим, я стал сотрудничать с Р. Б. Вудвордом. Таким образом, я не был ни стажером, ни студентом у Вудворда. Это было сотрудничество другого типа.

И Гутерман, и Липскомб сыграли большую роль в моем научном развитии, и мое общение с ними было в буквальном смысле слова ежедневным. Этот тесный контакт был естественным для Гутермана, который был в начале своей академической карьеры. Однако у него с самого начала было четыре аспиранта. В Гарварде был большой спрос на аспирантов-теоретиков, но никто на кафедре в то время не хотел этим заниматься. И с Липскомбом, который гораздо дальше продвинулся в своей карьере, было действительно ежедневное взаимодействие.

Я четко помню одну важную встречу с Гутерманом после того, как я вернулся с одной из больших летних школ Пер-Олафа Лёвдина, где я впервые познакомился с теорией групп. На кафедре в Гарварде кто-то старался синтезировать кубан. Я решил провести расчет молекулярных орбиталей кубана. Я очень гордился своим новоприобретенным искусством в теории групп. Таким образом, я поставил задачу восьми орбиталей, по одной на каждый атом углерода. Я подразумевал хюккелевский расчет восьми водородных атомов по углам куба, и это было можно сделать с помощью теории групп. Я пошел к Гутерману и показал ему эту работу. Он вежливо сказал, что работа замечательная, но что я рассчитал не кубан, а систему из восьми атомов водорода. Постепенно он разъяснил мне сложность этой задачи построения матрицы, включающей все валентные орбитали кубана. По сути дела это было эскизом расширенного хюккелевского расчета. Он сказал, что нужно рассматривать $2s$ и $2p$ орбитали на углероде и $1s$ на водороде, так что всего получалось 40 базисных орбиталей для C_8H_8. Он рассказал, как идти вперед и получить решение, что я и сделал. Я построил приближение хюккелевского типа с учетом всех видов $s-s$, $s-p$, $p-p$, σ-взаимодействий и π-взаимодействий. У меня до сих пор есть где-то в моих тетрадках матрица со всеми α, β, γ, δ, ε для различных резонансных интегралов. Но дальше я не мог продвигаться до тех пор, пока мы не создали в группе Липскомба двумя-тремя годами позже программу для расширенного хюккелевского расчета. В начале мне не приходило в голову принять β пропорциональным перекрыванию.

Так или иначе взаимодействие с Гутерманом было очень тесным и с Липскомбом тоже. И у того, и у другого была исследовательская группа, и я много учился и у других людей. Думаю, что Липскомб и Гутерман научили меня важности взаимодействия с экспериментаторами. Липскомб очень на это напирал.

От Вудворда я также научился многому. Это было уже позже, я начал работать с ним в 1964 г. От Вудворда я научился упрощать объяснения вплоть до самой сути. Именно такие простые объяснения оказывают влияние на химиков. Не нужно затуманивать объяснения математикой.

Я учился быстро. Первая статья, которую я писал с Липскомбом, точнее — черновик статьи, была не очень хороша. Он ее существенно

переделал. Но я быстро все усвоил и помню, что во второй статье ему пришлось сделать лишь минимальные поправки. Писать с Вудвордом было гораздо труднее. В стремлении выявить суть он мучительно отшлифовывал детали. У меня сохранилась рукопись первой статьи об орбитальной симметрии с его пометками на моем черновике. Мне всегда было легко писать статьи, и это было очень важно. Со времени сотрудничества с Вудвордом мои статьи стали очень педагогичными, в них находилось место для объяснений.

Как выбирать темы исследований? Работая с Вудвордом, надо было ясно видеть главные проблемы (хотя Вудворд видел их более отчетливо, чем я). Можно сказать, что талант — это во многом способность видеть, что важно, а что неважно, какими аномальными особенностями можно пренебречь, а на какие нужно обратить внимание.

Возвращаясь к взаимоотношениям учителей и студентов, я полагаю, что роль учителя состоит в том, чтобы пробудить в студенте те способности, которые так или иначе уже в нем есть и которые нужно только оживить. Эта идея, я думаю, восходит к святому Фоме Аквинскому. Я думаю, что это неплохо резюмирует итог деятельности учителя. И это должно быть продолжительное общение.

Наверно, студенты хорошо обучаются на собраниях исследовательских групп, и это великое преимущество американской системы. Студенты должны узнать, как разглядеть большую науку в рутинной работе. Но поначалу это очень трудно сделать самому. Нужен руководитель.

Увы, простое чтение химической литературы не поможет. Там все выглядит здорово. А ведь можно опубликовать любую ерунду. Я думаю, в Журнале Американского химического общества (JACS) допускаются к печати 60% представленных статей, а это один из лучших журналов. Если обратиться к журналам более низкого уровня, то они принимают 95% или больше. Нет избирательности в научных публикациях. Различие между рутиной и добротными публикациями выявляется в практической деятельности ученого, который часто обучается этому в общении. Я научился этому у Гутермана, у Липскомба, у Вудворда. Не так существенно, в каком именно сообществе вы при этом находитесь. Важно быть в международном центре, где происходит много семинаров, люди приезжают и уезжают, рассказывают о своей работе. Так что, я думаю, тому, кто застрял в провинциальном университете в Венгрии, не повезло. Там только литература может служить заменителем образования. Важно, кроме того, учить студентов стремиться участвовать в каждом доступном семинаре.

Каковы были Ваши взаимоотношения с Кенити Фукуи?

Первый раз я встретил профессора Фукуи во время одного из его первых визитов в Соединенные Штаты. Кажется, это было в 1964 г. В то время я был младшим стипендиатом-исследователем, за два года до этого защитил диссертацию и как раз начинал свою работу с Вудвордом. Он приехал в Гарвард для того, чтобы прочитать лекцию, и я имел удовольствие с ним побеседовать. Я знал его главным образом по работам

о реакционных комплексах. Наши отношения всегда были очень хорошими. Одна из причин этого заключалась в том, что традиционная модель научного соревнования была не применима к работам Фукуи и моим работам. В действительности мы никогда ни в чем не конкурировали. Это забавно и, может быть, уникально, но наши работы пересекались так, что лишь дополняли и усиливали друг друга, хотя мы не работали совместно в буквальном смысле.

Фукуи выступил со своей орбитальной теорией реакционной способности и идеей граничных орбиталей — самой высокой занятой и самой низкой незанятой из молекулярных орбиталей (HOMO и LUMO). Он вывел эти представления из теории возмущений. С помощью формул, полученных к 1960 г. (наиболее важная работа была сделана уже в 1955 г. или около того), он мог решить задачу стереоспецифичности электроциклических реакций, но не сделал этого, потому что эта задача никогда не возникала в эксперименте. Вудворд и я сделали это первыми, главным образом комбинируя расширенный метод Хюккеля с нашим собственным «открытием» роли граничных орбиталей. Это было открытие для нас самих, в действительности это не было нечто совсем новое. Мы тоже использовали теорию возмущений. В то время я уже знал о статьях Фукуи и Дьюара. Дьюар написал ту совершенно непостижимую серию из примерно четырех статей в JACS в 50-х гг. Однако было ясно, что Дьюар не интересовался объяснениями конкретных фактов; ему нравилась именно общность его математических формул. Примечательно, что просчет Дьюара как исследователя в этих статьях заключался, по-моему, в недооценке роли приобщения специалистов к новым подходам. В итоге его работа по существу не оказала того воздействия на научное сообщество, которое должна была бы оказать.

Фукуи был больше заинтересован в объяснении своих достижений, но был несколько в плену математического формализма и индексов реакционной способности, столь популярных в то время. К тому же у него не было такого прекрасного экспериментального материала, как электроциклические реакции, чтобы продемонстрировать силу своего подхода.

В то время, когда мы сделали свою работу по орбитальной симметрии, Фукуи тоже мог это сделать. Его формализм вполне подходил для этой задачи. Суть ситуации в том, что наша работа по орбитальной симметрии с акцентом на HOMO и LUMO возродила интерес научного сообщества к работам Фукуи. Люди увидели, что он сделал похожие вещи, что многие реакции могут быть с пользой изучены с помощью его формализма.

Не думаю, что Фукуи и я сознательно или бессознательно конкурировали. Наше взаимодействие сложилось очень удачно. Поэтому у меня было не менее трех талантливых сотрудников Фукуи в качестве стажеров: Фудзимото, Имамура и Акаги. Я побывал в Киото; я был там в течение полутора месяцев в прошлом году. К тому же я интересовался японской культурой со времени учебы в университете. Мне кажется, что у меня

есть и другие общие интересы с профессором Фукуи. Мы ладим друг с другом.

Как изменила Вашу жизнь Нобелевская премия?

Я получил Нобелевскую премию молодым (по сравнению с тем, как это обычно бывает) — мне было 44. Какие-то последствия были вполне естественными, например, значительное увеличение числа приглашений. Некоторые приглашающие больше интересовались моим именем, чем мною. Это было легко увидеть, но мне пришлось учиться отказываться. В целом моя жизнь стала более загруженной. Приходилось работать более интенсивно для того, чтобы выкраивать сколько-нибудь времени для себя, но мне это удавалось. Во многих отношениях мало что изменилось. Это счастливая особенность пребывания в Соединенных Штатах, где много Нобелевских лауреатов и где общество мало обращает внимания на ученых и их достижения.

У профессора Фукуи жизнь, я полагаю, была тяжелей, потому что в Японии он был первым Нобелевским лауреатом по химии. Ему пришлось выдержать куда большее давление. До меня никому нет дела (я шучу). Даже среди ученых не очень-то высоко уважается и ценится Нобелевская премия. Возникает столько же отрицательных, сколько и положительных эмоций. Я иногда обнаруживаю в газетных интервью подспудные отрицательные впечатления. Люди говорят: я полагал, что Нобелевский лауреат должен быть получше. Недавно (четыре года назад) я потерял гранты на примерно половину моих исследований — это исследования поверхностей, которые, как мне кажется, продвигались вполне успешно. Мой статус Нобелевского лауреата не повлиял (по крайней мере в Соединенных Штатах) на финансовую поддержку моих работ. Лайнус Полинг в течение 30 лет испытывал трудности с финансированием своих занятий химией. Здесь, в нашей стране, нас окружает беспощадный мир жестокой конкуренции.

То, что я Нобелевский лауреат, никак не помогло мне опубликовать мои стихи. С моим последним поэтическим сборником я ходил вокруг издателей четыре года, и отдельные стихотворения прошли через множество отказов, прежде чем нашли свое место. Меня возмущают предположения моих друзей-ученых, что мне все дается легче. Мне хотелось бы показать им все эти уведомления об отказах.

Легко может случиться и то, что вы поставите себя в глупое положение. Пресса интересуется глупостями. Так, когда Уильям Шокли имел странные расистские идеи, он нашел публику, которая охотно это слушала.

Между Нобелевским лауреатом и студентами возникает барьер из-за того, что студенты возводят лауреата на пьедестал, а коллеги этого отнюдь не делают, по крайней мере в Соединенных Штатах. Это очень плохо. Этот барьер мешает неформальному общению. По счастью, американские студенты не слишком уважительны. Когда я преподаю химию на первом курсе, я знаю, как преодолеть этот барьер без всяких трудов. Если я,

читая лекции на первом курсе, зайду в библиотеку, чтобы просмотреть журнальную статью за два дня до экзамена, я немедленно буду окружен студентами, спрашивающими меня об экзаменационных вопросах. Не думаю, что такое может случиться в Европе.

Кажется, у меня появилась возможность иногда делать то, что было невозможно раньше. Меня попросили сделать серию фильмов «Мир химии», в значительной мере именно потому, что я Нобелевский лауреат. Здесь срабатывает имидж, который производит впечатление на некоторых продюсеров, и это, возможно, оказывает влияние и на остальных людей. После того, как я сделал эти фильмы (26 получасовых фильмов), мы попробовали найти деньги на три специальных передачи, посвященные химии, на общедоступном телевидении, причем в лучшее эфирное время. Но ничего не получилось. Как видите, имя не слишком много значит.

После получения Нобелевской премии появились, естественно, заманчивые надежды и у научного сообщества, в которое я входил, и у меня самого. Это добавляло напряженности, но часто давало привлекательные возможности. Впрочем, по-видимому, напряженность проистекала и из того, что я стал работать в разных областях, как из самого факта получения Нобелевской премии, так и из-за внешних запросов.

Вы употребили интересное выражение «знание розрешено» в одном из своих стихотворений.

Фраза «знание разрешено» — это из стихотворения, которое я написал о сестре Хуане, мексиканской монахине. Ей пришлось пойти в монастырь для того, чтобы делать то, что ей хотелось: писать стихи. Я всегда интересовался теми моментами человеческой истории, когда дух и знание проходили через периоды угнетения и запрещения, когда знание не подлежало огласке. Именно это захватило меня в истории сестры Хуаны. Кроме того, она написала невероятное письмо («Ригуэсга») об истории того, как женщина могла говорить в церкви. Ее рассказ тронул меня. В неопубликованной лекции о сестре Хуане я вспомнил кое-что из моих юных лет, когда у меня было неопределенно-левацкое мировоззрение. Это был немецкий средневековый церковный гимн со строкой: «Die Gedanken sind frei» (мысли свободны). Я полагаю, первоначально это была песня Реформации, песня свободы. Потом ее подхватили немецкие вольнодумцы, и я познакомился с ней в контексте движения левых, как с песней протеста. Это была также главная песня оппозиции режиму Восточной Германии в 1987–1989 гг., когда они боролись за свободу.

Я всегда интересовался такими ситуациями. Например, я писал о диспутах в Барселоне (это тоже еще не опубликовано). Речь идет о публичных дебатах между христианами и евреями. Один из них происходил в 1240 г., кажется, в Париже, другой в 1274 г. в Барселоне и еще один около 1290 г. в Тортоле. Церковь устраивала эти принудительные дебаты о преимуществах разных религий между священниками (которые часто были обращенными евреями) и еврейскими мыслителями. Диспут в Барселоне был самым свободным, потому что король Арагона, Хайме I,

Роальд Хофман (слева) и Роберт Вудворд (справа) получают первую премию имени Артура К. Коупа Американского химического общества. В центре — Герман Блох, председатель правления АХО, и Харриет Коуп (предоставлено Роальдом Хофманом)

в то время имел сильное влияние на церковь и мог обеспечить евреям возможность высказать свою позицию. Этот диспут стал еще одним памятником свободе человека в то время, когда свободная мысль была под запретом. Есть и другие примеры: заявления К. Ф. Бонхофера и Отто Гана на собрании, посвященном памяти Фрица Габера в 1935 г. Я всегда интересовался такими вещами.

Думаю, утверждение «знание разрешено» в контексте этой поэмы имеет несколько разных смыслов. Есть любопытство, желание узнать,

Роальд Хофман с Иштваном и Магдолной Харгиттаи в 1982 г. на конференции по неорганической структурной химии в Рединге, Великобритания (фотограф неизвестен)

которое остановить нельзя. Однако должна существовать социальная ответственность. Нужно ли подвергать цензуре знание, которое ведет к злу и разрушению, и кто должен этим заниматься? Нужно ли изучать то, что враждебно общественному устройству? Например, нужно ли создавать новые виды оружия или дифференцировать расы по их интеллектуальным способностям? Ученые обречены создавать, но должны нести ответственность за свои создания.

Я очень интересовался коммунистическими обществами, или, скорее, тем тонким покрытием, которые коммунистические общества набрасывают на нации. Я присматривался к России, Китаю и Кубе. Я провел целый год в Москве в 1960–1961 гг. Не знаю, почему я интересовался этими вещами, но я подозреваю, что это смесь некой социальной справедливости, которая есть в социализме, и моего неприятия подавления свободы самовыражения в этих системах.

Встретились ли Вы с какими-нибудь последствиями дискуссии о теории резонанса, когда были в Москве?

Это тоже очень интересовало меня. Стенограмма конференции 1951 г. дает прекрасный материал для социологического исследования возможностей выживания в российском научном климате этого времени. Это был период Лысенко, последние дни Сталина. Ориентируясь на то, как успешно Лысенко поставил под сомнение достижения крупнейших российских ученых, оппортунисты, политиканы, публицисты от науки во всевозможных областях создавали проблемы лысенковского типа. В химии это была критика теории резонанса, которую обвинили в идеализме. В действительности все дело было в оппортунизме и политике. В этом конкретном случае оппортунисты неявно вели атаку не только на теорию резонанса, но и на лидеров советской химии, на Несмеянова, который был тогда главой Академии наук. Эту атаку возглавлял в научном отношении безграмотный профессор Московской военной академии Челинцев.

Как это могло случиться и как советская химия спаслась, как Несмеянов сохранил свое место — это потрясающая история. Некоторые жертвы пришлось принести — это были Сыркин и Дяткина, и Волькенштейн в Ленинграде. Сыркин и Дяткина потеряли работу, что было очень печально. Но они сохраняли авторитет в научных кругах через своих учеников.

Еще одна причина, вызывающая интерес к стенограмме конференции по теории резонанса, это то, что здесь, в печатном тексте, встречаются случайные намеки, признаки оппозиции. Были смелые анонимные вопросы из зала. Очень интересно проследить за тем, кто вознесся в тот период благодаря позиции, занятой в этой дискуссии. Действительно, некоторые люди сделали себе имя, поддерживая ложную, неправильную точку зрения, — такие как Татевский в Московском университете, специалист по физической органической химии Реутов. Я не забыл их, и русские химики их не забыли.

Многих людей, вовлеченных в это дело, заставили писать отречения от того, что они делали. Помню один печальный эпизод в то время, когда я там был. В Россию приехал Полинг. Он был нешуточной проблемой для русских, поскольку в политике он был друг, защитник мира и разоружения, с другой стороны — он был объектом критики, представлял «ложную» точку зрения. В конце концов его все же пригласили в целях пропаганды. И он приехал. Довольно бесцеремонно он потратил бóльшую часть времени, проведенного в России, на критику этих книг Волькенштейна и др. Все знали, что они написали эти книги, спасая свое положение. Но Полинг не хотел с этим считаться; и хотя другие старались забыть об этих книгах (через восемь лет после той дискуссии), Полинг на них обрушился. Что ж — таков он есть.

Помню, во время моего пребывания в Москве в русском переводе вышла классическая книга «Молекулярные колебания» Вильсона, Дециуса и Кроса. Предисловие к ней, я думаю, было написано Татевским, которому как-то удалось приплести туда и теорию резонанса. Меня поразила попытка оппортуниста сохранить критическое отношение к ней через девять лет после дискуссии.

Не сомневаюсь, что дискуссия о теории резонанса оттолкнула молодежь в России от теоретической химии на много лет, по крайней мере на десять лет. Страна, которая в теоретической химии занимала хорошую позицию, стала отставать. Пострадали ученые, что уже само по себе было большой бедой; я уже говорил о Сыркине и Дяткиной, которые оба были очень талантливыми. Молодые русские долгое время после этого испытывали трудности с теоретической химией. В обществах такого типа люди достигают прогресса в рамках того, что дозволено и что не дозволено. Иногда это делается хитрыми способами. В те времена молодой талантливый русский химик или физик, решая, чем заниматься, выбирая между теоретической химией и чем-нибудь еще, получал предупреждение, не писанное и не высказывавшееся вслух, что это опасно. Даже если молодой человек занимался теорией молекулярных орбиталей, которая не подвергалась прямой критике, иногда оказывалось лучше бросить это и заняться чем-нибудь более безопасным, например, физикой твердого тела. Полагаю, что таким образом многие талантливые люди в России были потеряны для теоретической химии.

Теперь о поэзии. Нужны ли страдания для того, чтобы писать хорошие стихи?

Я полагаю, что это всего лишь распространенный миф, будто страдания помогают творчеству. На эту тему в моей первой книге есть стихотворение, которое называется «Плата за вход». Это романтическое заблуждение, что в искусстве для того, чтобы быть творцом, надо находиться на грани безумия. Не думаю, что обязательно нужно страдать, чтобы писать хорошие стихи. Хотя, конечно, человеческая жизнь полна самых разных страданий.

Два отца

Я полагаю, что мой отчим был хорошим человеком. Не то, чтобы
он мне не нравился, он просто не был моим отцом,
который был героем. На самом деле я не помню отца,
на фотографиях — мужчина с детской коляской,

мужчина, держащий на руках смеющегося ребенка, одетого
в карпатский костюм. Я слышал от матери,
как над ним издевались во львовском Политехе за то, что он еврей,
я видел его на групповых фотографиях сионистской молодежной группы вместе с моей

матерью. Я читал пометки, которые он делал в лагере
в книге по теории относительности, и я слышал
(опять же от матери), как они ездили в Броуди
(его первой работой как инженера-строителя было замостить

там улицу булыжником), и как они останавливались
в доме местного священника. Мать иногда
рассказывала это в присутствии отчима. Пришла
война, мы были в гетто, в трудовом лагере, затем

в конце войны нас с матерью спрятал украинский
школьный учитель. Отец был убит при попытке
организовать массовый побег из лагеря. Мне было пять лет,
когда весть об этом дошла до нас, живших на чердаке у того украинца,

и я плакал, потому что плакала мать. Именно тогда
мой отец стал героем, а он им был. Война
закончилась. В живых остались 80 из 12 000 евреев нашего городка.
В Кракове, куда мы переехали в 1945 г., мать познакомилась

с моим отчимом, который потерял во время войны жену,
и они поженились. Мне было восемь лет, и хотя отчим
старался и водил меня на карусель, мне он не был нужен.
Позднее я придумал теорию, по которой мать снова вышла замуж,

чтобы у меня был отец, а не потому, что он ей нравился.
Но друзья, которые их знали, говорили, что они любили друг друга.
В США отчим уже не старался — он был занят,
он работал, сначала в закусочной на Деланси Стрит,

затем, когда он там потерпел неудачу, бухгалтером. Когда он
был зол, он беснавался в своей комнате, а потом ходил мрачным.
В нашей семье мы никогда ничего не приукрашивали. Всякое наказание
(а я был слишком хорошим ребенком для этого) было предоставлено моей матери.

Об отце говорили все время, и так
моя сестра, она родилась в Куинсе, узнала, что у нее
и у меня разные отцы. Мы с отчимом
поссорились из-за того, что я собрался жениться на девушке, которая не была еврейкой

(по-моему, он был задет
этим больше, чем мать). Я сказал ему,
что он мне не отец. Он умер в 1981, и
когда я злюсь, я вижу, что хожу мрачным, как он.

Из книги: *Роальд Хофман*, Пробелы и грани (Gaps and Verges). University of Central Florida Press, Orlando, 1990, pp. 22–23. Воспроизводится с разрешения

Поэзия важна для меня. Сначала я только читал и не пытался писать, пока не приблизился к 40 годам. Теперь моя поэзия стала замедленной, а эссе и книги получаются много лучше. Я только что закончил книгу, которая называется «То же самое и иное». Она выйдет в будущем году. Она адресована широкой публике, и, конечно же, это про химию. Мне нравится, когда вещи встают на свои места. Когда я начинаю писать книгу, у нее нет определенной темы, но я даю теме возможность собраться в единое целое из мелких фрагментов написанного. Может быть, это пришло из моей поэзии.

Как Ваш разговорный язык соотносится с тем, что Вы пишите, и как Вы переходили от одного языка к другому?

Моим первым языком был польский. Украинский и идиш тоже были рядом со мной, и я узнал их очень рано. Затем пришел немецкий, потом — иврит. Дети быстро учатся и быстро все забывают. К тому времени, когда в возрасте одиннадцати лет я приехал в Соединенные Штаты, главным моим языком был немецкий. Потом английский взял верх. Я не был слишком любезен со своими родителями; я заставлял их говорить со мной по-английски.

Дома попеременно говорили на четырех языках. Это были польский, идиш, английский и немецкий. Впоследствии мне довелось хорошо освоить еще два языка — русский и шведский, и еще один язык — французский, — но не так хорошо, потому что я учил его только в школе. Однако английский — это единственный язык, на котором я могу писать, и это мой родной язык. Англоязычные люди могут обнаружить у меня легкий акцент, и иногда у меня случаются небольшие трудности с письмом. Например, путаю «like» и «as» или «that» и «which». Бывает, что мои словесные конструкции выглядят смешно, но английский — это мой язык, и я люблю его.

Может быть, для того, чтобы писать, важно иметь взгляд со стороны, быть аутсайдером. Знание нескольких языков позволяет выйти за пределы того единственного языка, на котором думаешь. Отстранение помогает размышлять глубже, чем это доступно для прирожденных носителей языка.

Такое чувство отчуждения присуще иммигрантам. А евреи оказываются чужаками и в других смыслах. Кроме того, я переключался на разные разделы химии. Я чувствовал себя аутсайдером, когда начинал заниматься органикой, а потом неорганикой. Мне отчасти нравится это ощущение, потому что при этом получаешь другой взгляд на вещи. Когда приходишь извне, сначала это немного опасно и трудно, но мне нравится чувство, которое испытываешь, проникая через стены, воздвигнутые жаргоном и стандартами, принятыми в данной области.

Пожалуйста, расскажите о телевизионном сериале, в создании которого Вы участвовали.

Он назывался «Мир химии» и состоял из 26 получасовых передач. Прошло уже несколько лет с тех пор, как мы это сделали. В Соединенных

Штатах эти программы приняли неплохо. Их главными слушателями были старшие школьники, хотя первоначально они предназначались для учащихся двухлетних колледжей. Телепередачи лучше всего использовать в сочетании с лекциями хороших учителей (до и после фильма). На телевидении Соединенных Штатов они шли в разное время — в то время, когда их показывали кабельные каналы. Эти фильмы пользовались большим успехом в Израиле и в Швеции. Они доступны во всех странах за небольшую плату. Но я за это ничего не получаю. Мне заплатили определенный гонорар, но, по сути дела, он лишь компенсировал мою зарплату, которую я не получал в Корнельском университете, потому что в тот год, когда мы это делали, я брал отпуск. Я рад, что мы сделали эти серии. Я был лишь одним зубцом в шестеренке: нас было шесть авторов из академического мира, причем другие на самом деле работали больше, чем я. Телевидение это целый ряд компромиссов — один за другим, но какой прекрасный способ дойти до людей!

Потом мы попытались снять трехчасовые серии для PBS (Государственной службы радиовещания), в которых я должен был играть более важную роль научного руководителя, и я писал сценарии для них. Но в конце концов нам не удалось достать нужных денег для этого проекта (требовалось 1,35 млн долл.), несмотря на огромную помощь Американского химического общества. Мы получили хорошую поддержку от фондов, но не от химической промышленности. Мне кажется, что промышленность не дальновидна в таких вещах, и не только американская промышленность, потому что мы обращались также к японским и немецким компаниям. Нам пришлось от этого отказаться. Это была одна из моих неудач.

Расскажите, пожалуйста, о «Воображаемой химии».

Эта книга и выставка возникли благодаря встрече с талантливой художницей Вивиан Торренс. Я решил, что ее впечатления, навеянные химией, весьма занятны и помогут создать образ химии для интеллигентной публики. В работах Вивиан присутствует своего рода интеллектуальное восприятие и глубокое понимание искусства и науки. Меня всегда привлекало общение с художниками. Я помышлял о книге, написанной на языке тех, кто окружает химиков. Нечто, сделанное химиком, для друга — не химика. Речь не идет о том, чтобы учить химии, но о том, чтобы сообщить людям суть того, что химики делают. Я думал также о «Воображаемой химии» как о произведении искусства и литературы. Она представляла собой нечто новое: комбинация эссе, коллажей и стихов. Я думал также о ее сходстве с собраниями гербов эпохи Возрождения, этими чудесными произведениями XVI века, где были девиз, картинка (часто загадочная) и некий текст, связанный с картинкой. По мере того, как создавалась наша книга, я видел в ней нечто, говорящее о формах взаимодействия между искусством и наукой, о движении за их границы.

Мне нравится думать, что все, что я делаю в химии и ради химии, показывает ее как неотъемлемую часть нашего бытия, экономики,

социальиых структур, искусства, иитсллскта, творчества, показывает ее пользу.

В какой мере поддержка извне апределяет, что именна Вы делаете?

Смотря о чем идет речь. Поэзия — это малое частное прсдпрнятне. Я могу заниматься этим без всякой поддержки, и я так и делаю. Сделать без поддержки телевизиоиный сериал было бы просто невозможно — это стоило 2,3 мли долл. «Воображаемая химия» — это промежуточная вещь. Может быть, мы н могли бы сделать ес без 90 000 долл. поддержки от Нацнонального научного фоида, что помогло Внвнан жить, пока она работала иад этими коллажами. Новую книгу, которую я готовлю для издательства «Columbia University Press», я написал бы в любом случае.

Я вовсе ие думаю, что общество будет полностью обеспечивать мои междисцнплинарные увлечеиия. Коиечио, меня иемного огорчает, когда я ищу поддержку и не получаю ее. Напрнмер, эта кннга о науке н релнгни, которую я пншу с Шнрой Лсйбовитцем, иа которую иам не удалось получнть грант (хотя мы старалнсь) от Нацноиального фоида поддержки гуманитарных наук и от Национальиого иаучного фонда. Мы получнли аваис от издателя, но этого было недостаточно, чтобы обеспечнть Шнру и меия в тот период, когда мы будсм этнм заниматься. Так что мы будем осуществлять этот проект своими силами.

В идеалс хорошо было бы иметь мецеиата, который давал бы мне 100 тыс. долл. в год, чтобы я делал, что захочу. Я, конечио, ие верю, что такое случится. Главиым образом я досадую не потому, что *абществa* не поддержнвает эти веши, а потому, что это ие делают *каллеги-ученые*. Я страдаю, когда учеиыс ие проявляют заиитересоваииости в таком уннкальном н орнгннальном проекте, как «Воображаемая химия». Нам ие удалось добиться сообщеиня о ией ни в «Naturc», ни в «New Scientist», ни в «Scientific American». Это личиый просчет отдельиых химиков (главиых редакторов), которые могли бы обеспечить иам эти сообщсния. Но тогда я думаю о равнодушном приеме, который встречала в химическом обществе абсолютная классика, иапример, книги Примо Леви, когда они впервые появнлнсь.

Мон поэтические сборннки неплохо продавалнсь. Было продаио 1 300 экземпляров псрвого из инх в 1987 г. и около 900 экземпляров второго в 1990 г. Это в самом деле очень иеплохо для поэтических книг. Но я знаю, что есть 150 000 членов Американского хнмичсского общсства, и сверх того, что 14,95 долл. — небольшне деньгн за кннгу, н я надеялся, что несколько больше людей могло бы ее купнть. Не так уж много сборников поэзии написаио ученымн.

Что Вы скажете об образовании на пороге XXI столетия?

Образованне — это коисерватнвиая снстема, она меняется медлснно. Я полагаю, сдвиг в химическом образоваиии произойдет по причинс осознаиня того, что 99,9 % иаселеиия не собнраются быть хнмнкамн. Понять это особеиио трудио европейцам, потому что в Европе химики учат будущих химнков, а в амернкаиских уииверситстах мы обучаем

массы. Необходимость этого хорошо чувствуют в Соединенных Штатах, и станет еще яснее, когда правительство уменьшит финансирование или сделает очевидную пользу критерием поддержки. Мы вынуждены учить людей, остающихся вне химии, но становящихся нашими лидерами.

Преподавание должно ориентироваться на широкую публику. Чтобы быть ответственными гражданами, люди должны принимать решения, которые отчасти вытекают из технологических и научных оснований. Эти решения нельзя полностью возлагать на экспертов. Мы хорошо знаем, что экспертов можно направить в любую заранее заданную сторону. Вы хотите построить плотину или завод для сжигания мусора, и вы можете найти экспертов, которые скажут, что в этом нет никакой опасности, или экспертов, которые скажут, что это повлечет за собой огромный ущерб. Имеется определенная роль и для экспертов, но общество должно принимать самостоятельные решения. Для этого им немного нужно знать химию.

Около 150 лет назад Гей-Люссак сказал, что настанет день, когда в химии мы сможем рассчитать все, что сегодня можем только измерить. Мне доводилось слышать, как некоторые люди говорят, что эксперименты будут заменены расчетами. Как Вы на это смотрите?

Конечно, я не согласен. Думаю, что химия имеет бесчисленное число путей для самообновления. Наша удивительная наука сводится к тому, чтобы делать молекулы и осуществлять их превращения. Я многое взял от физики, в которой теория играет более важную роль, чем в химии. Но свелась ли она к вычислениям? Принимая теоретическую идеологию, физика остается экспериментальной наукой.

Действительно, есть много вещей, которые можно вычислить, и любопытно посмотреть, как молекулярное моделирование вошло в повседневную жизнь химика-органика. Но химия, я думаю, не будет заменена расчетами. Может быть, это в своем роде мечта, которая приходит с возрастом, но я так не думаю.

Странным образом мне придает мужества тот факт, что чем больше люди занимаются вычислениями, тем меньше они понимают. Понимание для меня состоит в том, чтобы почувствовать тенденции и взаимосвязи, узнать физические механизмы того, что мы наблюдаем. Понимать — это значит сделать оценку порядков величин, качественно говорить о последующем члене какого-нибудь ряда. А уж потом использовать компьютер, чтобы получить количественные результаты.

Представим себе, что дипольный момент воды вычислен. Затем вы интересуетесь дипольным моментом метанола или этанола, и химик-вычислитель говорит вам: подождите минутку, я вернусь к моему компьютеру и сосчитаю. Для меня это очень далеко от того, что я называю пониманием.

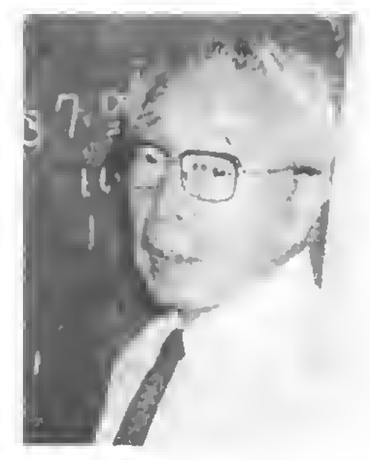
Как можно оценить уровень исследований?

Хороших способов не существует, хотя есть много критериев, частично пригодных. Частота цитирования и импакт-фактор кое-что дают, но ино-

гда от них очень мало пользы. Частота цитирования в течение короткого периода времени может быть непоказательной. Однажды Юджин Гарфильд попросил меня высказаться о десяти лучших химических работах 1991 или 1992 г. Мне дали список, основанный на текущей цитируемости, и *все* десять лучших работ относились к химии фуллерена. Они хотели выделить *самую* актуальную область. Но то, что они выделили, было лишь *одной из* таких областей плюс мода. Двадцатью годами позже можно будет увидеть совсем другую картину. Может быть, лучше устанавливать уровень исследований опросом некоторой группы людей, включающей экспертов и рядовых химиков, работающих на нивах химии. В такой оценке, конечно, нужно исключить самоцитирование и цитирование представителями той же школы. Но так или иначе, человеческая природа и субъективные суждения повлияют на оценку.

Ну и наконец, какой вопрос хотели бы Вы задать Роальду Хофману?

Я рад, что вы не спросили меня о том, как я представляю себе развитие химии лет через двадцать или что-нибудь в этом роде. Это был бы ужасный вопрос. Я не люблю прогнозировать. Я полагаю, что химия неплохо эволюционирует, движимая собственными случайными, хаотическими предпочтениями. Новая химия, которая, конечно, будет захватывающе интересной, вместе с тем, наверняка, ускользает от моего ограниченного предвидения.



Кенити Фукуи, 1994 г.
(фото И. Харгиттаи)

16

Кенити Фукуи (Kenichi Fukui)

Кенити Фукуи (1918–1998) родился в городе Нара (Япония). Он был директором Института фундаментальной химии со времени его основания в 1988 г. и до своей смерти. В 1981 г. Кенити Фукуи и Роальд Хофман совместно получили Нобелевскую премию по химии «за разработанные независимо друг от друга теории протекания химических реакций».

Доктор Фукуи учился на кафедре промышленной химии Киотского императорского университета, который он окончил в 1941 г. Сначала работал на заводе, производившем горючее для японской императорской армии. Его академическая карьера началась в 1943 г. на кафедре химии топлива Киотского императорского университета, профессором которого он стал в 1951 г. В 1952 г. опубликовал свою основополагающую статью. В 1982 г. стал Заслуженным профессором Киотского университета; в 1982–1988 гг. он был ректором Киотского технологического института, в 1983–1984 гг. — председателем Японского химического общества. Профессор Фукуи получил медаль Японской академии в 1962 г., звание Человека, обладающего заслугами перед культурой (Person of Cultural Merits), в 1981 г., почетную орденскую ленту Ордена восходящего солнца в 1988 г. и многие другие награды. Он был иностранным членом Национальной академии наук США (избран в 1981 г.), членом Японской академии (1983), членом Папской академии наук (1985), иностранным членом лондонского Королевского общества (1989) и членом других научных обществ. Фукуи очень волновала проблема качества научного образования в Японии, и, будучи единственным японским Нобелевским

лауреатом по химии, он чувствовал огромную ответственность в вопросах такого рода. Когда он умер, Лео Эсаки (Нобелевский лауреат 1973 г. по физике, в настоящее время ректор Цукубского университета) сказал: «Япония должна выращивать ученых-исследователей лучшего качества, чтобы они получили больше Нобелевских премий, и тогда душа Фукуи будет покоиться в мире» [Ashah Evening News. January 10, 1998].

В июле 1994 г. я посетил Японию по приглашению Японской академии, и у меня был запланирован визит к профессору Кенити Фукуи. Мы договорились об интервью, я прислал ему из Будапешта мои вопросы. Во время нашей встречи в Институте фундаментальной химии я получил готовые ответы. Еще несколько вопросов возникло во время разговора в институте и последующей культурной программы. Эти вопросы были записаны, и ответы на них я получил, еще оставаясь в Киото. Ниже следует весь материал целиком; он был опубликован также в журнале «Химический собеседник»[1].

Расскажите, пожалуйста, о Ваших школьных годах и Ваших первых учителях. Какое влияние оказали на Вас школа и учителя? Как сформировался Ваш интерес к химии?

Чудеса природы стали производить на меня впечатление, когда я учился в средней школе. Я увлекался внеклассными занятиями, был членом биологического кружка. Мой интерес пробудило чтение «Энтомологических воспоминаний» ("Souvenirs entomologiques") Жана Анри Фабра. В то время меня очень привлекала художественная литература, я особенности произведения великого японского писателя Сосэки Нацумэ[2]. Все эти впечатления, несомненно, повлияли на то, что я выбирал для себя в последующей жизни. Собственно говоря, моя любовь к природе была заложена еще в начальной школе и в ранние детские годы, проведенные на родине. Кроме того, позднее, в старших классах школы, на меня оказал влияние Жюль Анри Пуанкаре своей трилогией по философии науки[3].

Причину, по которой я выбрал именно химию, объяснить непросто, поскольку в школе химия никогда не была моим любимым предметом. По существу, тот факт, что уважаемый мной Фабр был гением в химии, как-то повлиял на мое подсознание. Трудным для меня в химии было то, что, как мне казалось, чтобы ее выучить, нужна хорошая память. Я бы предпочел, чтобы в химии было больше логического. Один профессор Киотского университета высказал предположение о наличии скрытой логики в господствовавшей в то время химии, и я в конце концов стал разделять его мнение.

[1] The Chemical Intelligencer. 1995. *1* (2), 14–18, 1995, Springer-Verlag, New York, Inc.

[2] Сосэки Нацумэ (1867–1916) — японский писатель. «Интеллектуальные» и психологичные романы из жизни японской интеллигенции «Сансиро» (1908), «Затем» (1909), «Врата» (1910), «Сердце» (1914), «Свет и тьма» (1916, остался неоконченным) отличаются философской глубиной. — *Прим. пер.*

[3] Вероятно, имеются в виду три важнейших книги по философии науки, вышедших при жизни Пуанкаре (1854–1912): «Наука и гипотеза» (1902), «Ценность науки» (1905) и «Наука и метод» (1908). — *Прим. пер.*

В какой мере образовоние предопределяет деятельность будущега ученого?

Образоваиие — это процесс, в котором одии человек воздействует иа другого посредством интеллекта обонх, прнчем механизм этого процесса до снх пор неясен. Поэтому чрезвычайно сложио ответнть иа вопрос, каким должио быть идеальное образование для того, чтобы воспитать активиого учеиого. Даже при использованин вспомогательиых или дополиительиых средств, доступных в совремснном образовании, иепосредственный контакт школьннка или студеита с окружающей его природой кажется мне абсолютио необходимым. Разумеется, учнтель должен быть частью этой окружающей природы. В этом контексте роль учителя чрезвычайно важна. И еще, умеине ценнть все проявления прекрасного и божественного побуждает учеников обратиться к Истнне, заключеииой в Природе.

Даже в бедиых школах хорошнй учитель н эффективная методика обучеиия могут воздействовать на одареиных детей для их подготовки к последующему образоваиию иа более высоком уровие.

Что побудило Вас предпочесть теоретическую работу экспериментальной?

Я иачииал как химик-экспериментатор н иаписал более 100 статей по экспериментальиой химии, а в 1944 г. мне была присуждеиа общеиациоиальиая премия. Да и сейчас я читаю не только теоретическне статьи, ио и статьи по эксперимеитальиым работам. Когда я руководил иаучиыми работами в Киотском университете, иекоторым своим студеитам-днпломиикам я предлагал взяться за экспериментальиую работу, потому что даже студеитам, более склоииым к теории, важио почувствовать всю сложность химических явлеиий.

Химией углеводородов я заинтересовался случайно. Моя дипломиая работа называлась «Хнмическне реакцнн парафииовых углеводородов». В течение первых иескольких лет после окончания университета я работал иад химическими превращеииями олефиновых углеводородов. И, иаконец, моя первая теоретнческая статья была посвящена ароматнческим углеводородам. Все виды углеводородов как иа параде!

Очень важным обстоятельством было то, что к тому времени я самостоятельно изучил квантовую механику. Для меня было вполне естественным попытаться примеиить квантовую теорию для объяснения механизмов реакций, которым не была даиа удовлетворительиая интерпретация. Ароматические углеводороды были просто материалом.

Это было в 1952 г. После этого я больше интересовался н заиимался теоретической, а не экспериментальиой работой. Причиной, по которой я с момеита поступления в Киотский университет занимался квантовой механикой, отчасти был инстинктивный интерес, отчасти — предположение, высказанное одним профессором.

Кто был этот профессор и как Вы выбирали предмет своих исследований?

Выбор первой темы моих исследований был почти предопределен в тот момент, когда я решил стать химиком. Взволнованный догадкой, высказанной профессором прикладной химии Геницу Кита, я пришел в его лабораторию. Он предположил, что химия, имевшая в то время весьма эмпирический характер, в будущем станет одной из логических наук. В качестве темы мне предложили химию углеводородов. Их химические реакции весьма привлекали меня, скорее инстинктивно. В то время уникальное химическое поведение углеводородов не было в достаточной мере интерпретировано теоретически. Так что в моем случае первоначальный выбор предмета исследований был следствием комбинации случая и интуиции. Дальше все шло своим чередом.

Была ли инженерная среда наилучшей для Вашего образования?

В японских университетах довольно необычная система. В каждом крупном государственном университете инженерный факультет больше, чем факультет естественных наук. Еще с начала эпохи Мэйдзи[4] и в течение долгого времени система больших инженерных школ была странным образом характерна для Японии. И в Киотском университете было шесть химических кафедр на инженерном факультете и только одна на факультете естественных наук. Правда, когда я был студентом в 1938–1941 гг., кафедра промышленной химии была единственной химической кафедрой на инженерном факультете, причем она была больше, чем кафедра химии на факультете естественных наук. Впрочем, мы посещали те же самые лекции по фундаментальной химии, что и «чистые» химики. Разумеется, у студентов, изучавших фундаментальную химию, было больше возможностей слушать лекции по физике или математике, чем у студентов, занимавшихся прикладной химией. Я думаю, что такая уникальная система университетского образования является признаком нации, поздно вступившей на путь развития. Мне приходилось преодолевать недостатки этой системы с помощью самообразования. Я выбрал кафедру промышленной химии, а не химического машиностроения. Причина, по которой я выбрал прикладную химию, очень проста: я последовал совету профессора Кита.

Профессор Кита был дядей моего отца и поручителем отца, когда тот учился в колледже в Токио. Когда отец сказал ему, что мне нравятся математика и физика больше, чем химия, он ответил, что тогда мне лучше всего учиться на его факультете! Соответственно, я совсем не думал о том, какие выгоды могу получить, изучая прикладную науку.

---

[4] Мэйдзи (*япон.*, буквально — просвещенное правление), официальное название периода правления (с 1868 г.) японского императора Муцухито (1852–1912). Революция Мэйдзи исин (*япон.*, обновление, реставрация Мэйдзи) 1867–1868 гг. свергла власть сегунов (титул правителей Японии в 1192–1867 гг.) из дома Токугава и восстановила власть императоров. К власти пришло правительство во главе с Муцухито, вставшее на путь проведения социально-экономических преобразований. — *Прим. пер.*

Кенити Фукуи в ресторане
(фото И. Харгиттаи)

Фактически профессор Кита больше поощрял студентов изучать фундаментальные, а не прикладные науки.

Как Вы, в конечном счете, выбирали своих собственных студентов?

С течением лет многие студенты и сотрудники присоединялись к нашей группе. Они были хорошо знакомы с тем, что в ней происходило. Все они хотели участвовать в нашей работе. При выборе тем исследования я по возможности принимал во внимание их желания.

Каким Вы видите будущее вычислительной химии?

Нельзя отрицать, что характер химии изменился в связи с неожиданным прогрессом аппаратуры для физических измерений, а также в области теоретической химии, в частности квантовомеханических расчетов с использованием быстро-

Вид Института фундаментальной химии
(предоставлено Кенити Фукуи)

действующих компьютеров. Существует, однако, ряд вычислительных проблем, которые нельзя решить практически из-за того, что их решение требует слишком большого машинного времени. Сложность химии непрерывно увеличивается. Сложность, превосходящая то, что может быть достигнуто с помощью логического вывода, является характерной чертой химии.

Расскажите, пожалуйста, о Ваших отношениях с Роальдом Хофманом.

Впервые я встретился с Роальдом на научном симпозиуме во Флориде в 1964 г. Тогда он был молодым ученым. Это было через четыре года после его женитьбы и через два года после получения им докторской степени (Ph. D.). Но он был хорошо известен как теоретик благодаря своей докторской диссертации, посвященной новым методам теоретического расчета молекул. Вскоре после этого были опубликованы вошедшие в историю статьи, авторами которых были он и Р. Б. Вудворд. Эти статьи, опубликованные в *JACS* в 1965 г., о которых впоследствии стали говорить как о первых статьях, посвященных так называемым правилам Вудворда—Хофмана, привлекли мое внимание, поскольку в них было сказано, что направление химической реакции определяется фазой («симметрией») *определенных* МО (молекулярных орбиталей). Еще в 1964 г. я понял, что механизм некоторых химических реакций коррелирует с фазой определенных МО (о роли МО в химических реакциях я знал уже в 1952 г.). Так сложилась наша общая судьба: заинтересованность в развитии одного направления. Он принял двух постдоков из моей лаборатории, и теперь они — прекрасные профессора и работают в Японии.

У нас всегда были тесные взаимоотношения, во всех смыслах. Даже за последние 6 лет он дважды посещал наш институт и оставался здесь в течение некоторого времени. Все сотрудники института были рады приезду Роалда.

Как Нобелевская премия изменила Вашу жизнь?

У Японии очень мало Нобелевских лауреатов. Поскольку я был первым из японцев, получившим Нобелевскую премию по химии, я мог бы стать «баловнем судьбы» для прессы. Тем более, что Юкава[5] умер как раз перед тем, как я получил премию, а Эсаки[6] в то время не жил в Японии. Не приходится и говорить — это расстроило бы мою научную и преподавательскую деятельность.

Однако, к счастью или к несчастью, тогда настало время моей отставки из Киотского университета по причине достижения предельного

[5] Хидэки Юкава (1907–1981) — японский физик, с 1966 г. иностранный член АН СССР. В 1935–1936 гг. развил основные положения мезонной теории и предсказал (совместно с С. Сакатой) электронный захват. Нобелевская премия 1949 г. по физике. Золотая медаль им. Ломоносова АН СССР (1964). — *Прим. пер.*

[6] Лео Эсаки (родился в 1925 г.) — японский физик. С 1960 г. работал в США. Труды по полупроводниковой электронике, сверхпроводимости. Создал (1957) туннельный диод. Нобелевская премия 1973 г. (совместно с А. Джайевером и Б. Джозефсоном). С 1992 г. — ректор Цукубского университета (Япония). — *Прим. пер.*

возраста: это правило применяется ко всем профессорам без исключения. Я покинул место, где был преподавателем в течение 39 лет, на следующий год после получения премии.

Мне повезло в том, что умные люди из числа японских промышленников построили для меня великолепный институт — Институт фундаментальной химии, — и теперь я могу продолжать свои исслсдования в этом чудесном для науки месте.

Эта большая премия не особенно изменила мою частную жизнь. Каждый день я хожу пешком из своего дома я институт — все в тех же костюмах, а после возвращения домой ужинаю и распиваю с женой бутылку пива.

Какие поездки в другие страны и встречи 'с иностранными учеными оказали на Вас влияние?

К настоящему времени я, начиная с 1963 г.. побывал в более чем 25 странах, где участвовал во многих научных совещаниях, и во многих местах читал лекции. Например, в 1973 г. я посетил 13 стран и 18 университетов, а во время пребывания в течение 55 дней в США провел 20 семинаров и лекций. Почти невозможно опредслить, какая поездка имела наибольшее влияние. Все они произвели на меня большое япечатление, ведь во время моей учебы я никогда не выезжал за границу надолго.

Как часто Вы пытаетесь говарить с не-химиками а Вашей области химии или вообще о науке?

Я не особенно стремлюсь к тому, чтобы говорить с не-химиками или с не-учеными о моей профессиональной работе. Причина в том, что моя область химии не подходит для непрофессионалов, к тому жс просто жалко тратить на это время. Правда, часто бывает очень трудно отказаться от множества просьб прочитать лекцию о химии или о науке в целом. Насколько могу, стараюсь удовлетворить эти просьбы.

Как воспринимается фундаментальная наука в Япании? В дастаточнай ли степени ана финансируется?

Как извссгно всему миру, с начала этого столетия Япония старалась догнать страны Запада путем импорта научных достижений. Однако теперь возникло понимание важности поддержки фундаментальных исследований. Одним из примеров такого понимания является создание нашего Института фундаментальной химии. Финансовая поддержка фундаментальных наук у нас до сих пор намного меньше, чем в Соединенных Штатах. Но она постепенно растет, в отличие от западных стран, где в последние годы такая поддержка зачастую сокращалась.

Какую репутацию имеет химия в Японии?

Эта репутация не слишком отличается от того, что имеет место в других странах. Для большинства школьников и химия, и физика становятся предметами, которые учат неохотно. Корни такой тенденции лежат, по-моему, я человеческой природе. Челоиек инстинктивно ненавидит тот огромный и не имеющий опрсделенных границ массив («пакет») знаний,

который необходим для современного научного образования: ведь он может выйти за пределы природных человеческих способностей. Однако для того, чтобы раздвигать границы химии или другой фундаментальной науки, требуется лишь малая часть студентов — тех, которые всем сердцем любят науку. Широкая же публика может использовать результаты науки и технологии, но ей не обязательно участвовать в их создании.

И как же Вы предлагаете выявлять одаренных исследователей?

Оценка достижений — всегда трудная задача научной политики. Часто бывает, что на действительно оригинальные работы большинство ученых не обращает внимания. Очевидно, впрочем, что не всегда хороши и те работы, которые трудно понять. Индекс цитирования, несомненно, является одним из показателей, по которым можно судить о ценности исследования, но он часто подвержен сиюминутной моде, количество ссылок сильно зависит от области науки. В общем, суждение специалистов может иметь значение, но иногда бывает, что следует больше полагаться на интуицию или дальновидность талантливых неспециалистов, а не на суждение посредственного большинства в данной области.

Насколько серьезны затруднения ученых, не говорящих по-английски, когда они хотят опубликовать свои статьи в лучших журналах и получить признание своей работы?

В наше время одним из моментов, больше всего интересующих авторов статей, является тираж журнала. Неанглоязычные журналы, даже издающиеся на других европейских языках, не пользуются вниманием международного научного сообщества. Поэтому невыгодное положение неанглоязычных ученых, таких, как я, очевидно. Обычно требуются дополнительные усилия для того, чтобы получить международное признание своей работы. Разумеется, это серьезное затруднение. Это надо преодолевать с помощью разного рода контактов.

Какова Ваша точка зрения на разделение естественных и гуманитарных наук? Как мы можем уменьшить этот разрыв?

Разрыв между гуманитарными, социальными и естественными науками становится все меньше. Это является следствием как прогресса, так и необходимости. Первая причина очевидна. Прогресс в физиологии и медицине коррелирует с новыми методами в психологии и в науке об умственной деятельности человека. Прогресс в математике и вычислительных методах статистики оказывает большое влияние на экономику, социологию и политику. Физико-химические науки способствуют прогрессу археологии. Можно привести много подобных примеров.

Вторая причина более важна. Она является следствием самоускоряющегося характера науки и технологии, что в последнее время стало особенно заметно. Наука дает новую технологию, а результаты новой технологии способствуют прогрессу в науке. В этот процесс вмешиваются врожденные стремления человека. Такое взаимное ускорение науки и технологии принесло в жизнь людей удобства и комфорт. С другой стороны,

неконтролируемое развитие стало причиной серьезных проблем. На Земле была серьезно изменена природа и окружающая среда, и возникло чудовищное неравенство в распределении благ цивилизации. Необходимой предпосылкой для оказания воздействия на эти обстоятельства путем контролирования постоянной жажды роста и прогресса является взаимодействие естественных, социальных и гуманитарных наук.

Что нам нужно сделать в области образования, чтобы быть готовыми к наступлению следующего столетия?

Поколения, которые будут жить в следующем столетии, должны взять на себя задачу улучшения условий, в которые в настоящее время поставлена Земля. Для этого они должны значительно повысить уровень науки и применять ее для исправления ситуации, и в то же время они должны способствовать согласию умов в отношении терпимости и самоограничения. Все эти цели могут быть достигнуты только с помощью соответствующего образования. Важность образования в будущем огромна, и время не ждет.

Для того чтобы грядущие поколения не прониклись ненавистью к образованию, нам нужна определенная методика. Очевидно, что обучение «пакетами» не годится.

Расскажите, пожалуйста, что Вас интересует и чем Вы занимаетесь помимо химии.

Я начинал как химик-экспериментатор, очень интересовался органической химией и некоторое время занимался вопросами химического машиностроения. Так что промышленность мне не безразлична. С другой стороны, однажды в юности я доставил себе удовольствие, занявшись физикой, в частности, теоретической физикой. Когда я учился в средней школе, моими любимыми предметами были биология и литература. Так что область моих интересов довольно широка, хотя моя деятельность вне химии ограничена.

Как я понял, Вы очень активно участвовали в праздновании 1200-летия Киото.

В июле 1984 г. был создан Фонд Хэйанке для празднования 1200-летия, и его председателем был Заслуженный профессор Киотского университета Такео Кувабара, известный знаток французской литературы, имевший звания Человека, обладающего заслугами перед культурой, и почетного гражданина города Киото. К сожалению, он неожиданно умер в апреле 1988 г. Губернатор префектуры Киото и лорд-мэр города Киото, которые оба были заместителями председателя фонда, попросили меня стать его председателем, и в таких обстоятельствах мне было чрезвычайно трудно отказаться.

Хотели бы Вы ответить на еще какой-нибудь вопрос?

Я уже упоминал в начале нашего разговора, что на мою жизнь оказали влияние впечатления ранних лет, и говорил о том, как я получил эти

впечатления. То, что я любил природу — леса и реки, растения и насекомых, — по-видимому, как-то связано с тем, что в школе мой выбор пал на естественные науки.

То, что подростком я любил читать книги Сосэки, значительно позже оказалось тесно связанным с моим выбором темы исследования. Как я уже говорил, химия углеводородов стала моей специальностью после окончания университета. Господствовавшие тогда теории химических реакций не годились для объяснения реакций углеводородов. В некоторых статьях авторы пытались дать такое объяснение, но эти статьи не соответствовали стремлению моего разума к более *естественной* теории, поскольку я помнил рассказ о мечте, написанный Сосэки, и он владел моим умом. Древний скульптор был так свободен в своем искусстве, что, казалось, он просто извлекает из древесины статуи, похороненные в бревнах. Об этом рассказе мне напомнили те работы ученых, которые показались мне недостаточно естественными. Поэтому я решил начать поиск более *естественной* теории, и это стало началом моей первой статьи по квантовомеханической интерпретации химических реакций углеводородов.

Милтон Орчин, 1997 г.
(фото И. Харгиттаи)

17

Милтон Орчин (Milton Orchin)

Милтон Орчин (родился в 1914 г. в Барнсборо, США, Пенсильвания) — Заслуженный профессор с отличием за безупречную службу в отставке (Emeritus Distinguished Service Professor) и директор Лаборатории катализа им. Х. С. Грина Университета Цинциннати. Свои ученые степени получил в Университете штата Огайо; доктор философии (Ph. D.) с 1939 г. Был первым аспирантом М. С. Ньюмена[1]. Работал в Управлении по пищевым продуктам и лекарственным средствам США (FDA) и в Управлении горных работ США (Bureau of Mines), с 1953 г. — в Университете Цинциннати. Основная область научных интересов — использование комплексов переходных металлов для гомогенного катализа, но больше он известен во всем мире как автор книг по симметрии в химии (совместно с Х. Х. Джаффе). Мы записали наш разговор в кабинете доктора Орчина 13 мая 1997 г., окончательно текст был доработан в августе 1998 г.

Вы очень рано стали проявлять интерес к симметрии, и Ваша книга была одной из первых книг о симметрии в химии.

Первая из книг, написанных мной вместе с Джаффе, была посвящена ультрафиолетовой спектроскопии, именно с этого и начался мой интерес.

[1] Мелвин Ньюмен (1908–1993) — американский химик-органик. Известен тем, что предложил (1952) один из способов изображения трехмерных структур органических молекул на плоскости (ньюменовские проекции). — *Прим. пер.*

В Университет Цинциннати я перешел из Управления горных работ, где занимался синтетическим топливом. В Управление я пришел в 1941 г., еще до вступления США в войну. Правительство беспокоилось из-за возможной нехватки топливных ресурсов для транспорта. Они опасались немецкой блокады и искали более надежные местные ресурсы топлива.

В 36 из 50 штатов есть уголь, так что попытки превращать уголь в жидкое топливо, как это делали немцы, имели сильную политическую поддержку. Конгресс принял Акт о синтетическом топливе, и это положило начало программе в Управлении горных работ. В качестве технологии был выбран процесс Фишера-Тропша и прямая гидрогенизация под высоким давлением, называемая процессом Бергиуса.

Я занимал в Управлении официальное положение с самого начала программы, отвечая за ту ее часть, которая касается органической химии. Мы хотели раскрыть механизм преобразования угля в жидкие продукты, а также выяснить состав топлива. В реакции Фишера-Тропша монооксид углерода восстанавливается водородом, в результате чего получаются CH_2-группы, которые полимеризуются в разные виды углеводородного топлива. Была еще программа по превращению горючих сланцев Вайоминга в сланцевое масло с использованием термического процесса.

В качестве одного из методов определения полиароматических соединений использовалась ультрафиолетовая спектроскопия, поэтому я ей и заинтересовался. В конце концов, мы с Гасом Фриделем, который в Управлении заведовал аналитической химией, составили книгу по ультрафиолетовым спектрам ароматических соединений. Это было первое систематизированное собрание таких спектров. А еще у книги было основательное введение, в котором объяснялось происхождение ультрафиолетовых спектров.

Когда я пришел в Университет Цинциннати, я все еще интересовался ультрафиолетовой спектроскопией, но понимал, что плохо знаю ее теорию. Ультрафиолетовый спектр вещества изображается как некоторая мера энергии (обычно это абсцисса), представленная как функция интенсивности поглощения для каждой определенной длины волны (ординаты). Это та энергия, которая нужна для перехода электрона с одной занимаемой молекулярной орбитали на другую, с более высокой энергией, а интенсивность зависит от правил отбора. Чтобы уметь определять необходимые энергетические условия, надо знать теорию молекулярных орбиталей, а правила отбора зависят от особенностей симметрии. Я не очень разбирался ни в теории молекулярных орбиталей, ни в приложениях теории симметрии, таких как теория групп. К счастью для меня, на нашем факультете работал Ханс Джаффе, а это был выдающийся химик-теоретик с широким подходом к вопросам химии. Я решил, что нуждаюсь в обучении, и мы стали сотрудничать. Наша первая книга — *Теория и приложения ультрафиолетовой спектроскопии* (*Theory and Applications of Ultraviolet Spectroscopy*) — вышла в 1962 г.

Когда меня начали интересовать вопросы, связанные с симметрией, я, вероятно, так же, как и Вы, стал по достоинству оценивать колос-

сальные возможности применения соображений симметрии, не только в химии, но и почти везде. Нашей следующей книгой была «Симметрия в химии» (*Symmetry in Chemistry*) (рус. пер.: *Джаффе Г., Орчин М.* Симметрия в химии. М., Мир. 1967. — Прим. пер.), и она вышла примерно в то же время, что и книга Коттона по теории групп. Затем была наша маленькая книжка по антисвязывающим орбиталям. Обе эти книги были весьма популярны. Сжатое изложение всего этого материала было дано в учебнике «Симметрия, орбитали и спектры» (*Orchin M., Jaffe H.* Symmetry, Orbitals, and Spectra (*S.O.S.*). New York: Wiley-Interscience. 1971), предназначавшемся для аудиторного обучения. Мы хотели сделать его достаточно простым для химиков-органиков, не греша при этом против теоретической химии. Когда мы излагали наши идеи, Джаффе делал их точными, а я — понятными. Так мы распределяли наши обязанности.

Было продано около 10 000 экземпляров книги, она была переведена на китайский, русский, испанский и немецкий. Книга предназначалась для аспирантов первого года обучения. У нас здесь учебный год делится на четверти, так вот это был курс на 10 или 11 недель. Обычно все аспиранты из разных областей химии начинали с этого курса. Книга была рассчитана на то, чтобы у аспирантов с самой разной подготовкой появилась общая основа для понимания. От этого выигрывали все области химии, так как в спецкурсах по каждой дисциплине не надо было тратить время на объяснение основных понятий.

Все это делалось, когда я был деканом факультета и имел больше влияния. С 1981 г. я в отставке, и это общее введение на основе идеи симметрии для аспирантов пало жертвой конфликта интересов различных областей химии.

В отставку я ушел потому, что у моей жены стала развиваться болезнь Паркинсона, и я не хотел, чтобы моей заботе о ней мешали другие обязанности. Так что я, хотя и продолжал работать, но не на том уровне, как раньше. Она умерла восемь лет спустя, и после ее смерти я снова стал больше заниматься своей работой.

У Вас в этом кабинете на стенах висят портреты Хаима Вейцмана[2]*, Давида Бен-Гуриана*[3] *и Голды Меир*[4]*, и еще реклама кока-колы на иврите.*

---

[2] Хаим Вейцман (1874–1952) — первый президент Израиля с 1948 г. Один из лидеров сионистского движения, президент Всемирной сионистской организации в 1920–1931 и 1935–1946 гг. Способствовал принятию Декларации Бальфура (1917) о создании еврейского национального очага в Палестине. — *Прим. пер.*

[3] Давид Бен-Гурион (1886–1973) — премьер-министр и министр обороны Израиля в 1948–1953 и 1955–1963 гг. (с перерывом в 1961 г.). Один из организаторов и лидер (1930–1965) социал-демократической партии МАПАИ. — *Прим. пер.*

[4] Голда Меир (Мейерсон) (1898–1978) — премьер-министр Израиля в 1969–1974 гг. Проводила экспансионистскую политику в отношении арабских стран. В 1966–1968 гг. генеральный секретарь социал-демократической партии МАПАИ. С 1972 вице-президент, с 1976 г. почетный президент Социалистического интернационала. — *Прим. пер.*

Мне очень нравится смотреть на эту рекламу. Она у меня с тех пор, как я съездил в Израиль еще до того, как он стал Израилем, в 1947 г. Решение ООН о разделении было принято 30 ноября 1947 г. В это время я был в Палестине, работал с Хаимом Вейцманом. Ну, не совсем с ним самим — он был очень занят, — а с его сестрой, Анной Вейцман, она тоже была химиком, и с Эрнстом Давидом Бергманом, одним из близких советников Давида Бен-Гуриона. У меня был грант от фонда Гугенхейма[5], а это дает полную свободу выбора рода деятельности. Моя жена была убежденной сионисткой, и во время беспорядков ей очень не хотелось возвращаться, но я работал в Управлении горных работ, и у меня были юридические обязательства.

В 1944 г. Вам было 30. Что Вы знали в то время о том, что мы сейчас называем Холокостом?

По правде говоря, мне, в общем, ничего об этом не было известно. До нас доходили слухи, но я не знал, насколько им можно верить. Может быть даже, что я ничего не слышал потому, что не особенно и хотел услышать об этом. Думаю, я был тогда типичным представителем еврейской общины. С годами я изменился и стал больше евреем, в основном благодаря моей жене, у нее черты еврейства проявлялись гораздо сильнее, чем у меня. Отчасти сыграло роль и то, что я все больше осознавал происшедшее за время моей жизни: период всеобщего разрушения, а затем создание Израиля. Выжить и увидеть возрождение. Я не религиозный еврей, но я очень преданный, идейный еврей.

А сейчас, когда в Израиле кризис, Вы думаете о том, что Вы могли бы сделать?

Да.

Но в 1943-м или 1944-м было не так.

Совсем не так. Самосознание евреев в Америке резко возросло во время войны 1967 г. Именно тогда произошло коренное изменение позиции американских евреев.

Вспоминая 1944-й, Вы когда-нибудь думаете: мы должны были что-то сделать?

Да, многие об этом думают. И многие занимаются обвинениями. В то время еврейские лидеры даже не сделали никакого заявления.

Когда надвигалась трагедия, Англия приняла многих детей. Но для иммиграционных служб США это было не типично.

---

[5] Имеется в виду Фонд Джона Саймона Гуггенхейма, основанный в 1925 г. бывшим американским сенатором Симоном Гугенхеймом и его супругой в память об их умершем сыне. Цель грантов — способствовать проявлению творческой личности. Гранты выдаются на срок от 6 до 12 месяцев без всяких условий: расходовать их можно на любые цели. — *Прим. пер.*

Мелвин Ньюмен около 1960 г. (из книги *Proceedings of The Robert A. Welch Foundation Conferences on Chemical Research*. Houston, Texas, 1960)

Даже наоборот. Они разворачивали корабли обратно, и это не вызывало особых протестов со стороны еврейской общины. Я думаю, это объясняется тремя факторами. Во-первых, недостатком информации о том, что происходит. Во-вторых, их убедили в том, что важнее выиграть войну, чем спасти евреев. В-третьих, они не хотели поверить в тот ужас, который постепенно вырисовывался. Евреи были настроены не особенно радикально. Они не хотели пойти на то, что могло бы вызвать антисемитизм.

Вы знаете Морриса Караша[6], знаменитого химика-металлоорганика из Чикагского университета? Он сам был еврей, и у него были студенты-евреи, и он говорил им, чтобы они сменили свои имена.

Я получил степень бакалавра в Университете штата Огайо и хотел поступить в аспирантуру в каком-нибудь другом учебном заведении. Я подавал заявления в десять крупнейших государственных университетов, а также в Северо-западный университет на должность ассистента на неполной ставке для прохождения аспирантуры, но везде получил отказ. В Университете Огайо я был первым на курсе, в котором было 170 человек, а мне не давали должность ассистента. Так что я вернулся в Университет Огайо и подал заявление там. Но декан факультета сказал мне: «Не буду вас обнадеживать, и это для вашей же пользы. Вам не дадут работы, потому что вы еврей. Зачем вам учиться дальше?» И он не дал мне этой ставки, но сказал: «Я признаю ваши достижения и буду рекомендовать вас на получение стипендии: для этого не требуются никакие контакты со студентами». И я получил стипендию Университета штата Огайо, что, конечно, было большой честью, но я бы предпочел заниматься преподаванием. В то время в университет пришел Мелвин Ньюмен. Он стал моим руководителем. Я был его первым аспирантом. Это был замечательный человек и очень хороший химик.

Через год, когда я получил степень магистра, я снова пришел к декану и сказал, что теперь мне хотелось бы стать ассистентом и заняться преподаванием. Но он не мог дать мне этой работы, и тогда я бросил университет и вернулся домой в Кливленд. Это не был мой настоящий дом,

[6] Моррис Селиг Караш (Хараш) (1895–1957) — американский химик-металлоорганик. Синтезировал и изучал ртутьорганические соединения, применяемые в сельском хозяйстве и медицине. Работы по химии свободных радикалов. — *Прим. пер.*

у меня вообще не было настоящего дома. Меня воспитывали в приюте. В Кливленде я все лето искал работу. Я пошел бы в любую компанию, в названии которой было бы слово «химическая», но работы не было.

Разве Орчин звучит как еврейская фамилия?

Нет, но у меня еврейская внешность. К тому же это были годы глубокой депрессии, и работы не было в любом случае. Наконец, я пришел в Кливлендскую клиническую больницу и сказал, что готов работать бесплатно, лишь бы практиковаться в химии. Они взяли меня, и в качестве зарплаты оплачивали мне проезд на трамвае.

В сентябре, когда начался новый учебный год, я сказал себе: «В чем тут смысл? Я в любом случае не зарабатываю деньги, почему бы не вернуться в университет?» Так я и сделал. Я поговорил с доктором Ньюменом и сказал ему, что готов пойти на унижения, если он вернет мне мою стипендию. Он сделал это, а еще через год я снова пришел просить работу преподавателя, но он опять не мог дать места мне ассистента на неполной ставке. Вместо этого меня назначили членом совета университета, что было даже более престижно, чем быть университетским стипендиатом.

Может быть, этот рассказ позволит Вам составить впечатление о том времени. Среди американских евреев всегда было ощущение угрозы антисемитизма, так что не хотелось поднимать шум, хотя в любом случае тебя могли вышвырнуть.

Когда такое положение изменилось?

Ближе к концу войны и после войны, в основном вследствие недостатка рабочей силы. Люди были очень нужны. И еще когда Трумэн[7] издал распоряжение о привлечении негров в вооруженные силы. Потом это было прервано эрой Маккарти[8].

Прервано?

Эта интеграционная волна пошла на спад из-за антикоммунистического психоза. Затем, при Кеннеди[9] и Джонсоне[10], был сделан упор на гражданские права.

---

[7] Гарри Трумэн (1884–1972) — 33-й президент США (1945–1953). Отдал приказ об атомной бомбардировке Хиросимы и Нагасаки. Один из инициаторов создания НАТО. — *Прим. пер.*

[8] Джозеф Реймонд Маккарти (1908–1957) — председатель сенатской комиссии конгресса США по вопросам деятельности правительственных учреждений и ее постоянной подкомиссии по расследованию (с 1953 г.). Развернул кампанию преследования прогрессивных деятелей и организаций. — *Прим. пер.*

[9] Джон Фицджералд Кеннеди (1917–1963) — 35-й президент США (1961–1963). В 1941–1945 гг. — офицер флота. В 1947–1961 гг. — в конгрессе США. Будучи президентом, выдвинул программу социально-экономических реформ. Выступал за укрепление военных блоков и вооруженных сил США. Вместе с тем склонялся к более реалистическому курсу в отношениях с СССР. Убит в Далласе. — *Прим. пер.*

[10] Линдон Джонсон (1908–1973) — 36-й президент США (1963–1969) от Демократической партии; в 1961–1963 гг. — вице-президент. Правительство Джонсона начало войну во Вьетнаме, осуществило вооруженное вмешательство в Доминиканской Республике (1965). — *Прим. пер.*

Но я помию, как в 1956 г. я получил письмо нз Уннверситета Флориды, которое надо было распространнть средн иашнх студентов-старшекурсииков, так как там требовались аспираиты. В этой их бумаге был вопрос о расе. Я в то время был деканом и подумал, что такой вопрос просто возмутителен. Я иапнсал нм пнсьмо н сказал, что не буду распространять нх заявку, потому что в ией есть вопрос о расе, а я думаю, что это иеуместио и не может нметь инчего общего с квалификацией. Что ж, в ответ я получил рсзкую отповедь. Этот эпизод дает возможность понять обстаиовку того времеии. Тогда оии этот вопрос задавалн, чтобы не допускать нежелательиых людей.

Теперь другой подход, ио это уже стало бессмыслицей. Я сейчас ие особеиио миого заинмаюсь вопросами приема иа работу, ио каждый раз, когда я беру к себе какого-иибудь стипендиата-постдока, мне приходится иметь дело с кучей бессмыслеииых вещей. Когда я получил последиий опросиый лист, я позвоиил в то заведеиие и спросил их: «Предположнм, заявлеиие подал некий Тайгер Вуд, к какой категории вы его отиесете?» Онн сказали: «Вы спросите его, к какой категорин он сам хочет отиоситься». Но это еще ие все. Когда вы заполияете блаик, вам надо решить, каково ваше восприятие этого человека. Ои может заявить, что он негр или что у иего латниоамерикаиская фамилия, ио вы ие видите в нем латниоамсрнканца.

Я вижу но стене еще несколько фотогрофий.

Вон там Мслвии Ньюмеи. Еще есть портрет Генри Сторча, моего босса в Управлеиин гориых работ. Ои возглавлял всех учеиых, пытавшихся преобразовать уголь в жндкое топлнво. Он был моим кумнром, идеальиым руководителем исследоваиий и верил в людей, которые с иим работали, был либералом в старом смысле этого слова. Он вернл в то, что каждый мог бы работать соответствеино своим способностям, если бы у иего была подходящая обстаиовка. Образованне ои получил в иью-йоркском Сити-колледже и иикогда ие забывал, что учился бесплатно. Потом еще портрет Ханса Джаффе времеии работы иад иашей первой совместиой кннгой. И еще Мартии Лютер Кииг[11)], ои продемонстрнровал величие америкаиской политической системы, добиваясь перемен без прнзывов к иасилию.

[11)] Мартнн Лютер Кинг (1929–1968) — одни из руководителей борьбы за гражданские права негров в США, инициатор тактики ненасильственных действий. Баптистский пастор (с 1954 г.). Основатель негритяиской организации «Южная конференция хрнстианского руководства» (1957). Нобелевская премия Мира 1964 г. Убнт расистами. — *Прим. пер.*

Альберт Коттон, 1996 г.
(фото И. Харгиттаи)

18

Альберт Коттон (F. Albert Cotton)

Ф. Альберт Коттон (родился в 1930 г.) — Заслуженный профессор химии фонда У. Т. Доэрти-Уэлча и заведующий лабораторией строения молекул и химической связи Техасского университета A&M[1]. Он подготовил 100 исследователей с докторской степенью (Ph. D.), с ним работали 130 постдоков и других сотрудников высшего ранга. Число опубликованных им научных работ превышает 1 270. Самые известные его учебники — «Курс неорганической химии повышенного типа» (*Advanced Inorganic Chemistry*)[2], написанный совместно с Дж. Уилкинсоном[3] (было продано свыше 500 000 экземпляров этой книги), и «Химические приложения теории групп» (*Chemical Applications of Group Theory*). Его книги изданы на 30 языках. Среди многих академических почестей, которыми

[1] Техасский университет A&M (от названия предшественника университета — сельскохозяйственного и механического колледжа, Agricultural & Mechanical College, основанного в 1876 г.) расположен в Колледж Стейшн. Не путать с Университетом штата Техас в г. Остине. — *Прим. пер.*

[2] Русские переводы этой книги назывались «Современная неорганическая химия» (Т. 1–3. 1969) и «Основы неорганической химии» (1979). — *Прим. пер.*

[3] Джеффри Уилкинсон (1921–1996) — английский химик-органик, один из основоположников металлоорганической химии переходных элементов. Установил (1952) химическое строение («сэндвичевое») ферроцена. Открыл «катализатор Уилкинсона». Нобелевская премия 1973 г. (совместно с Э. Фишером). С 1943 по 1955 гг. жил и работал в США. В 1950–1955 гг. работал в Гарвардском университете. — *Прим. пер.*

он удостоен, — членство в Национальной академии наук, Американской академии искусств и наук, Лондонском Королевском обществе, Французской академии наук, Российской академии наук и Европейской академии (Academia Europea). Он получил первую премию АХО (Американского химического общества) по неорганической химии (1962), Национальную медаль науки (1982), Премию в области химических наук Национальной академии наук (1990), Премию Роберта А. Уэлча в области химии (1994), первую Медаль Ф. А. Коттона (1995) и много других наград. Одной из последних его наград была Медаль Пристли Американского химического общества, полученная в 1998 г. Наш разговор был записан в кабинете профессора Коттона 8 марта 1996 г. и опубликован в журнале «Химический собеседник»[4].

Давайте начнем с первых лет Вашей жизни.

Я родился в Филадельфии. Через два года после моего рождения умер отец, и матери пришлось воспитывать меня одной. Во время Великой депрессии было тяжело, но она справлялась со всем просто изумительно, так что у меня было очень счастливое детство. Я рос в нормальной среде, играл с детьми на улице. В школе у меня всегда были проблемы с дисциплиной. Школа была слишком легкой, чтобы занимать меня, но когда я поступил в колледж, это изменилось. Я до смерти перепугал мать, когда в течение некоторого времени был решительно настроен стать джазовым гитаристом, но годам к 17, когда я поступил в колледж, я уже перерос это увлечение.

Чем привлекала Вас химия?

Я, должно быть, прирожденный химик; никакого прозрения не было. Примерно в восемь лет я начал играть с наборами химических реактивов и постоянно наведывался в книжные магазины за книгами по химии. Хорошо помню, как, кажется, в пятом классе, я сидел в кабинете директора — мне туда велели идти за какое-то нарушение дисциплины — и коротал время, читая книжку по химии.

Вы помните какого-нибудь учителя, оказавшего на Вас большое влияние?

Совсем наоборот. Школьная учительница химии боялась меня (потому что я знал больше нее) и позволяла мне играть в комнате для приготовления уроков, лишь бы я писал контрольные.

Что означает буква Ф в Вашем имени?

Франк, но я предпочитаю, чтобы меня называли Альберт или Ал. Если хотите знать, я живу под чужим именем. Меня крестили как Франка Эббота Коттона. Франк Эббот — имя нашего семейного врача, который принимал роды у моей матери и был другом моих родителей. Моего отца звали Альберт Коттон, и когда он умер, мать спросила, не хочу ли я, чтобы меня называли Альбертом. Я согласился, и теперь это мое имя

[4] Здесь представлена слегка измененная версия интервью, первоначально опубликованного в: The Chemical Intelligencer. 1997, *3* (2), 14–21, 1997, Springer-Verlag, New York, Inc.

узаконено обычаем. У меня не было братьев или сестер. Мать умерла четыре года назад, ей был 91 год.

Так что она была свидетелем Вашего успеха.

О, да. Когда я получал Национальную медаль науки, я взял ее с собой в Вашингтон, и она была в Белом доме. Она очень восхищалась президентом Рейганом[5], и день, когда она увидела, что я и Рейган жмем друг другу руки, был для нее великим днем. Для меня тоже.

А Ваша нынешняя семья?

Я женился в «нежном» возрасте, в 29 лет (на женщине, которую стоило ждать так долго). У нас две дочери. Одна из них довольно независима, и мы не часто ее видим. Старшая дочь, Дженифер, — просто сокровище, сейчас она ведет дела за нас на нашем ранчо.

С чего началась Ваша карьера?

Сразу после получения докторской степени в Гарварде я отправился в МТИ (Массачусетский технологический институт), где стал профессором в 1961 г. Сначала после двух лет педагогической работы я в 1957 г. стал ассистентом, потом в 1960 г. — доцентом, а потом мне предложили постоянную штатную должность доцента в Гарварде[6].

С тех пор, как я окончил Гарвард, я всегда хотел стать гарвардским профессором. Поэтому, когда я получил предложение, моей первой реакцией было: конечно же, я согласен. Надо было только обговорить детали. Что ж, детали были не совсем такими хорошими, как я надеялся. Я был в достаточной степени реалистом, чтобы сказать: «Я ведь не гонюсь за мечтой, мне нужна реальность, а реальность такова, что мне, пожалуй, лучше остаться в МТИ». У меня там было больше возможностей, и была атмосфера, в которой я чувствовал себя более уютно. Вдобавок ко всему, в МТИ определенно не хотели со мной расставаться и предложили мне должность профессора, если я останусь. Поэтому я опять пришел к Фрэнку Вестхеймеру[7], тогдашнему ректору Гарварда, и сказал: «Фрэнк, а ведь в МТИ мне предлагают профессора». Он, как мне показалось, несколько неохотно сказал: «Мы тоже предложим тебе эту должность». Вот тогда действительно встал выбор между двумя равноценными предложениями. Я, в сущности, не романтик, так что я решил, что мне будет лучше в МТИ. Не могу сказать, принял ли я правильное решение, но, конечно, что бы я ни выбрал, я не был бы в проигрыше.

В середине вашей карьеры Вы перешли из МТИ в Техасский университет A&M. Каковы были основные мотивы этого поступка?

---

[5] Рональд Уилсон Рейган (родился в 1911 г.) — 40-й президент США (1981–1989) от Республиканской партии. С 1937 г. — киноактер Голливуда. В 1942–1945 гг. — работал в органах информации ВВС США. В 1967–1975 гг. — был губернатором Калифорнии. — *Прим. пер.*

[6] См. примечание на с. 24.

[7] См. интервью с ним в этой книге (раздел 4). — *Прим. пер.*

15 Зак. 218

Было много разных соображений, что-то меня привлекало, что-то отталкивало, были и сугубо личные мотивы, связанные со стилем жизни, который доступен здесь, но невозможен в МТИ. Например, возможность иметь большой участок земли и проводить время на свежем воздухе. Я был весьма активным членом Норфолкского охотничьего клуба, в котором я держал гончих, и это занятие доставляло мне большое удовольствие. Когда я работал в МТИ, я каждую неделю около 20 часов проводил верхом на лошади. Но когда предместья Бостона и даже пригородные поселки превратились в спальные районы, этим занятиям пришел конец. Были и другие мотивы. Например, меня отталкивало то, что в то время в МТИ резко преобладали сторонники либерализма, а я всегда был консерватором. Это не мешало мне работать, но раздражало меня.

Вы ездили верхом по 20 часов в неделю и в то же время вы — один из самых плодовитых химиков. Как Вы все успеваете?

Могу добавить, что никогда не мог работать нормально, если спал ночью меньше семи часов. Я не трачу время зря, это точно. Мое подсознание всегда работает. Когда я говорю, что сплю по семь часов, это скорее означает, что каждую ночь я семь часов провожу в кровати, но очень часто я просыпаюсь среди ночи на час-другой и обдумываю какие-нибудь проблемы, если они меня волнуют. На следующее утро я прихожу на работу и раздаю направо и налево указания, кому что надо делать. Кроме того, у меня есть дар четкого выражения мыслей словами; я могу очень быстро писать текст, который потом не нужно или почти не нужно править.

Вы заваливаете своих студентов работой?

Нет, но я даю им четко понять, что буду ими доволен, только если они будут работать много и продуктивно. Я нечасто захожу к ним в лабораторию, но говорю им, что в любое время они могут прийти ко мне. Для меня нет более важных занятий, чем разговор с ними об их работе, когда они чувствуют потребность в таком разговоре. У меня всегда были сотрудники-постдоки, однако здесь они не только для того, чтобы делать собственную работу, но и для работы с группой. Они обучают студентов основным методам. Численность моей группы из года в год колеблется в пределах от 10 до 25 человек, причем студентов и аспирантов вдвое больше, чем постдоков. Сам я перестал заниматься лабораторной работой примерно в то время, когда стал доцентом в МТИ в 1960 г.

Ваши теоретические способности необычны для химика, занимающегося синтезом.

При работе над докторской диссертацией моим руководителем был Джеффри Уилкинсон. Я узнал от него многое о препаративной химии, в том числе и то, что синтез новых соединений — самое увлекательное, что может быть в неорганической химии. Но у меня были еще и математические наклонности, да и мои лучшие друзья в аспирантуре были в основном фи-

Профессор сэр Джефри Уилкинсон (1921–1996) из лондонского Имперского колледжа в 1973 г. получил Нобелевскую премию по химии совместно с Эрнстом Отто Фишером из Мюнхена «за их пионерские работы, выполненные независимо друг от друга, по химии металлоорганических соединений так называемой „сэндвичевой" структуры». Во время работы доцентом в Гарвардском университете он был научным руководителем Альберта Коттона. Позднее они совместно написали пользующуюся большим успехом книгу «Курс неорганической химии повышенного типа» (*Advanced Inorganic Chemistry*) [см. также воспоминания Малькольма Х. Чизолма о Джефри Уилкинсоне: The Chemical Intelligencer. **1997**, *3* (3), 50–51, 54]

зико-химиками и химиками-теоретиками и работали у Брайта Уилсона[8] или Билла Моффита[9]. Они неформально ознакомили меня с началами теоретической химии, особенно с теорией симметрии и теорией групп. Это началось на втором году аспирантуры. Мысль о важности анализа симметрии электронного строения и проблем спектроскопии настолько увлекла меня, что, когда я пришел в МТИ, я разработал курс по теории групп и теории симметрии, что, в конечном счете, привело к написанию книги «Химические приложения теории групп».

Мой энтузиазм в отношении теории, основанной на анализе симметрии, очень возрос в 1954 г., когда я провел весну в Копенгагене с Джефом Уилкинсоном, который незадолго до того женился на датчанке. В то время К. Й. Бальхаузен[10] и К. К. Йоргенсон были аспирантами в лаборатории Я. Бьеррума[11] и они, как и Лесли Орджел[12] в Англии

[8] Эдгар Брайт Уилсон (1908–1992) — американский физико-химик. Автор пионерских работ по изучению колебательных и вращательных движений многоатомных молекул с помощью квантовомеханических расчетов. — *Прим. пер.*

[9] О Уильяме Моффите (1925–1958), американском химике-теоретике, см. интервью со Стивеном Берри (раздел 33). — *Прим. пер.*

[10] Карл Йохан Бальхаузен (родился в 1926 г.) — датский физикохимик, написал известную книгу «Введение в теорию поля лигандов» («Introduction to Ligand Field Theory» 1962; рус. пер. — 1964), а также книгу «Теория молекулярных орбиталей» (совместно с Х. Б. Греем, 1964). — *Прим. пер.*

[11] Янник Бьеррум (родился в 1908 г.) — датский химик. Исследования в области координационной химии. Разработал методы расчета констант устойчивости комплексов (1941–1954). — *Прим. пер.*

[12] Лесли Элеазер Орджел (родился в 1927 г.) — английский и американский биохимик и молекулярный биолог (начинал как химик-неорганик, написал книгу по теории поля

н Ханс Л. Шлефер[13] во Франкфурте, заново открывали — как хнмикн — довоенную работу Бете[14] н Ван Флека[15] по теорнн кристаллического поля. Так как я уже был зиаком с доказательствамн, основаниымн иа теорин групп, я стал однгнм нз первых прнверженцев того, что теперь называют теорией поля лигандов. Очеиь большая часть нсследованнй, проведенных мной в первые годы моей работы в МТИ, скажем, с 1955-го до иачала 1960-х гг., включала в себя изучеине спектроскопнческих н магнитных свойств тетраэдрических комплексов, которые я ннтерпретнровал не с помощью метода валеитных связей, а с помощью теорни поля лигаидов.

Я слышал, будто Вы говорите своим студентам, что для решения незначительной проблемы могут потребоваться токие же усилия, как и для решения вожной проблемы. Кок вы определяете важность проблемы?

Ну, во-первых, позвольте мне сказать: то, что Вы слышалн, — верно. Могут потребоваться не только такне же уснлня, ио н такое же колнчество деиег, а деиег для грантов в нашн дин не хватает. И еслн вы хотнте получить высокую оценку эффектнвности вашего граита после нескольких лет работы, нужио убедить рецензеитов в том, что вы сделалн нечто значнтельиое.

Впрочем, еще более важио, если у вас есть исследовательские способностн н вы хотнте заслужнть уваженне других нсследователей, найтн нечто ие столько нсчерпывающее проблему, сколько открывающее новый путь нлн миого иовых путей решення проблем. Помня об этом крнтернн, перед тем, как уйтн во что-ннбудь с головой, вы должны осознанно спросить себя, будет ли это действнтельно стоить затрачеиных усилий. Коиечно, вы не можете знать наверняка, но, по крайней мере, смотрнте, куда прыгаете!

Что Вы считоете своим самым важным достижением в химии?

Это открытне важиостн для хнмии переходных металлов образовання непосредствеиных связей металл—металл. Я начал задумываться об этих связях, или об нх редкости, в самый первый год своей преподавательской деятельностн в МТИ. Еще в 1958-м г. я начал размышлять о том, почему

лигандов). Работы по химической эволюции. Олин из авторов гипотезы о виеземиом происхождении жизни. — *Прим. пер.*

[13] Ханс Л. Шлефер — немецкий химик. Написал известную кингу «Теория поля лигандов» (совместно с Г. Глимаиом, 1967). — *Прим. пер.*

[14] Ханс Альбрехт Бете (родился в 1906 г.) — физик-теоретик. В 1933 г. эмигрировал из Германии, с 1935 г. в США. Фуидаментальные труды по квантовой механике, ядерной физике, квантовой теории твердого тела (теорию кристаллического поля предложил в 1929 г.), астрофизике. Указал иаиболее вероятные циклы термоядерных реакций в звездах. Участиик создания первой атомной бомбы. Нобелевская премия по физике 1967 г. Золотая медаль им. Ломоносова АН СССР (1990). — *Прим. пер.*

[15] Джон Хазбрук Ван Флек (1899–1980) — американский физик. Труды по квантовой теории магиетизма и твердого тела (в 1935 г. предложил модифицированную теорию кристаллического поля). Нобелевская премия по физике 1977 г. (совместно с Ф. Андерсоном и Н. Моттом). — *Прим. пер.*

нет соединений с непосредственными связями металл—металл. Вообще-то очень небольшое число таких соединений было известно, но они казались аномалиями. К началу 1960-х гг. я действительно много думал об этом. По странному стечению обстоятельств (что-то вроде удачного пересечения различных интересов) я был вовлечен в реальную экспериментальную работу над связями металл—металл в результате замечания, сделанного Лесли Орджелом в маленькой книжке по теории поля лигандов. Он заметил, что есть вещества с общей формулой (щелочной металл)$ReCl_4$, являющиеся диамагнетиками. Конечно, у иона рения (III) есть четыре электрона, и Орджел сказал, что, может быть (всего лишь — может быть), эти вещества являются примером низкоспинового тетраэдрического комплекса. К тому времени не было известно ни одного такого комплекса, и с тех пор их так и не обнаружили. Но я подумал: а давайте-ка проверим: сделаем это соединение и посмотрим, есть ли в нем тетраэдрические ионы $ReCl_4$. Их там не было; там были треугольные металлические кластеры с двойными связями $Re = Re$. Это был первый случай обнаружения двойной связи металл—металл. Затем в ходе попыток продвинуться дальше в этой области химии мы натолкнулись на тот факт, что при определенных условиях, когда мы восстанавливали перренат до рения (III) в присутствии HCl, вместо темно-красного раствора получался интенсивно синий. Тогда мы выделили из раствора синее вещество и обнаружили, что оно содержит ион $Re_2Cl_8^{2-}$ с невероятно коротким расстоянием между двумя большими атомами рения — всего лишь 2,24 Å. Заслоненная конфигурация тоже производила сильное впечатление. Я спросил себя: почему этой глупой молекуле не хватает мозгов, чтобы повернуться на пол-оборота, как это делает, скажем, молекула гексахлорэтана? Но ей действительно не хватает на это ума. Тогда я попытался придумать объяснение. Так как я был одним из первых химиков-неоргаников, привыкших думать в терминах симметрии орбиталей, я увидел, что здесь может быть дельта-связь, ограничивающая вращение. Я также понял, что передо мной открылась возможность настоящей экспериментальной работы по связям металл—металл совершенно новых типов, и, таким образом, моя давнишняя мечта вдруг стала явью.

Этим стоило заняться. Я также понял, что если рений окажется единственным таким элементом, мне совершенно справедливо могут сказать: что ж, эта работа сделана хорошо, можно поставить ее на полку и любоваться ей, но какое это имеет отношение к общему развитию химии? Поэтому я хотел узнать, существуют ли соединения с такими связями и у других переходных элементов. И действительно, спустя несколько лет они были найдены почти для всех таких металлов. Единственным исключением пока остается марганец, но сейчас, как мне кажется, мы знаем, как справиться с этой задачей.

Я предпочитаю называть эту область химии невернеровской химией переходных металлов. Я внимательно прочитал книги Вернера. Ему никогда не приходила в голову мысль о непосредственной связи

металл—металл. Вернеровская координационная химия, или химия переходных металлов, основана на предположении, что все связи — это либо связи между атомами металлов и лигандами, либо связи между лигандами, но никогда в своих книгах он не упоминал о возможности связи металл—металл. И так было в течение очень многих лет. Даже в то время, когда я этим занялся, в литературе упоминалось лишь очень небольшое количество соединений, о которых было известно, что в них есть непосредственные связи между атомами переходных металлов. Об их существовании либо вообще не знали, либо, если и обращали на них внимание или задумывались о них, говорили: да, это весьма любопытные соединения, но давайте заниматься основными делами. Для меня они тоже были любопытны, но я чувствовал, что природа обычно ничего не делает только один раз, не повторяясь.

Как Вы ретроспективно оцениваете Вашу работу и пионерскую работу русских?

Должен сказать совершенно определенно, что русские синтезировали несколько соединений со связями металл—металл раньше меня, и провели небольшие по объему рентгеноструктурные исследования. Они действительно знали строение иона $Re_2Cl_8^{2-}$, но описали его некорректно. У них была неправильно указана степень окисления, и они не поняли характер связи.

Оказала ли на Вас какое-нибудь влияние работа русских?

Нет, потому что мы обнаружили ранние работы русских в этой области (кроме исследования структуры иона, который они называли $Re_2Cl_8^{4-}$) лишь после того, как мы независимо получили ион $Re_2Cl_8^{2-}$, исследовали структуру соли калия, и я ввел концепцию четверной связи. Тогда, конечно, я снова принялся за изучение литературы, чтобы убедиться, что этого еще нигде не было. И мы обнаружили в русской литературе 1950-х гг. по крайней мере полдюжины статей, написанных на целый десяток лет раньше нашей работы, в которых они описывали странные соединения рения с низкой валентностью. Нам стало ясно, что это, возможно, были соединения с тройными, а может быть, и четверными связями. Некоторые из них оказались фикцией, но многие были вполне реальными. Русские, однако, не имели ясного представления о том, что было у них в руках.

Непосредственная связь металл—металл — это уже зарождение кластера.

Совершенно верно. Конечно, в химии карбонилов и в металлоорганической химии переходных металлов есть связи металл—металл и кластеры атомов металлов, но я выбрал именно кластеры без карбонилов и без циклопентадиенилов, потому что последние были уже известны.

Я хотел узнать, существуют ли химические соединения со связями металл—металл, растворимые в воде. Одним из больших событий в моей карьере была дружба со Зви Дори из Израиля — он и другие израильские ученые как раз начали заниматься химией низковалентного молибдена

Альберт Коттон и его жена Дайана Коттон с медалью Джона Скотта (предоставлено Альбертом Коттоном)

Альберт Коттон, Зви Дори и Ави Бино в 1980 г. (предоставлено Альбертом Коттоном)

и полагали, что трехядерные кластеры могут оказаться важными. Потом мы со Зви объединились с Ави Бино; сейчас он — профессор неорганической химии в Еврейском университете в Иерусалиме. Зви и Ави провели несколько лет здесь, в A&M, и мы работали вместе (разумеется, мы работали и по отдельности). Мы, например, показали, что многое в химии молибдена с малой степенью окисления объясняется существованием кластеров. Меня поражает, что в предшествующие годы никто, похоже, и не догадывался о существовании этого другого мира в химии переходных металлов — все ограничивались только вернеровской химией. Между тем, область невернеровской химии переходных металлов обширна, в ней много новых молекул и новых связей. Это было захватывающе, будто первым вступаешь на новый континент.'

О чем бы Вы еще хотели упомянуть кроме химии связей металл—металл?

Я забавлялся и другими вещами. Будучи аспирантом, я заинтересовался карбонилами металлов. Одно из событий, подстегнувших мой интерес к приложениям теории групп, произошло, когда я был на втором году аспирантуры в лаборатории Уилкинсона. Он и другие аспиранты получали такие соединения как ди-, три- и тетракарбонилы циклопентадиенилметаллов. Я очень хорошо помню тот день, когда Джеф сказал мне: «У нас есть молекула тетракарбонила циклопентадиенилванадия, и мы уверены, что все четыре карбонила эквивалентны по отношению к металлу, но характеристических полос CO получается все-таки больше одной. Если все CO одинаковы, почему они не колеблются с одной и той же частотой?» Конечно, теперь любой, знающий теорию групп и квантовую механику, легко ответит на этот вопрос. Между карбонильными группами существует взаимодействие, поэтому получаются симметричные и антисимметричные колебания, частота которых различается. И я смог понять это сразу. Вместе с аспирантом Билла Моффита Эндрю Лиром мы написали несколько статей, в которых объясняли, как интерпретировать эти спектры. Потом я начал задумываться о карбонилах металлов в более общем плане и позднее разработал простой, но эффективный метод анализа спектров карбонилов металлов, сейчас он известен как метод Коттона—Крайханцеля. В то время Крайханцель был постдоком, сейчас он преподает в Лихайском университете.

Еще до появления сообщения об этом методе в печати, я представил его на Гордоновской конференции[16] и при этом некоторое время имел

[16] Гордоновские конференции — престижные неформальные научные конференции в области биологических, химических и физических наук и соответствующих технологий. Первая такая конференция была организована химиком Нилом Гордоном из Университета Джона Гопкинса. Сейчас их организатором является Гордоновский исследовательский центр — некоммерческая организация, действующая под эгидой Американской ассоциации содействия развитию науки (American Association for the Advancement of Science, AAAS). Приглашаются только крупнейшие ученые. Запрещаются кино-, фото-, видеосъемки и звукозапись. Материалы конференций не издаются. — *Прим. пер.*

удовольствие чувствовать себя Лайнусом Полингом. У Полинга был дар находить интуитивные теории, которые, казалось, были полны таких чудовищных упрощений, что не могли работать. Но они работали! Если вы посмотрите на мой анализ инфракрасного спектра с точки зрения пуриста, вы, наверно, скажете: «Боже мой! Это же до смешного упрощенная теория; она не будет работать». На самом деле, как всем известно, она творит чудеса. Теперь в химии карбонилов металлов ее применяют, не задумываясь над тем, что делают.

Еще одним делом, заинтересовавшим меня примерно в то же время, было применение ЯМР-спектроскопии для исследования молекул карбонилов металлов. Меня заинтересовало то, что структура этих молекул может быть нежесткой, подвижной [17]. Вскоре после этого стало ясно, что такая подвижность возможна и для металлоорганических соединений.

Это было захватывающее время. Алан Дэвисон, Джек Фаллер и я опубликовали статью, в которой сообщалось, что метод ЯМР можно применять для определения не только скорости и энергии активации перегруппировки лигандов, но и для изучения ее механизма или пути. В нашей работе речь шла о «быстром вращении кольца» в η^5-$CpFe(CO)_2(\eta^1$-$C_5H_5)$.

Примерно в 1962 г. мне стало ясно, что в кристаллографии [18] появляются два главных направления. Одно заключается в том, чтобы работать с очень маленькими системами и чрезвычайно точными данными и пытаться построить карту распределения электронной плотности. Другое направление было в некотором смысле противоположным и состояло в исследовании больших молекул, таких как гемоглобин, структуру которого тогда только что определили. Я выбрал направление, связанное с большими молекулами. Полагаю, я сделал правильный выбор: не думаю, что построение карт электронной плотности оказалось таким уж важным делом. Из этих карт получают только электронную плотность с очень большими погрешностями, а потом отмечают, что это согласуется с теорией. С другой стороны, то направление, которое я выбрал — изучение больших биологических молекул — вне всякого сомнения резко рванулось вперед. Мы одними из первых расшифровали с действительно высоким разрешением структуру фермента — стафилококковой нуклеазы. Сейчас эта структура является настоящей рабочей лошадкой для тех, кто применяет сайт-направленный мутагенез для исследования механизма действия ферментов. Однако к тому времени, когда мы добились высокого разрешения, стало также ясно, что в этой области, чтобы быть лидером, нужно стать и кристаллографом, и профессиональным биохимиком. Если вы не освоите биохимию, вы останетесь только квалифицированным ла-

---

[17] Имеется в виду возможность скачкообразного перемещения групп CO в карбонилах из одной позиции в другую, а также возможность реориентации пентадиенильных циклов. — *Прим. пер.*

[18] В англоязычных научных текстах, а в последнее время — и в русских текстах все чаще термин «кристаллография» используется как синоним термина «рентгеноструктурный анализ». — *Прим. пер.*

14 Зак. 218

борантом у настоящего биохимика. Поэтому я решил оставить это дело. Мое сердце принадлежало неорганической химии.

Пользуетесь Вы популярностью среди своих коллег?

Как я могу это знать? У меня никогда не было трудностей в отношениях с теми, кого я считал равными себе по интеллекту. И мне всегда было трудно с людьми, которых я считаю глупыми.

Несколько лет назад Вы баллотировались на должность председателя Американского химического общества (АХО), и некоторые говорят, что было больше похоже, что Вы выставляете свою кандидатуру в какой-то политической кампании, а не на выборах в научную организацию.

Некоторые могут думать и так, не могу это комментировать. Но позвольте мне рассказать Вам, в чем, по-моему, была проблема, — почему меня не избрали. Прежде всего в Американском химическом обществе состоят люди многих разных категорий, от ученых вроде меня до людей без докторской степени. Фактически более половины членов АХО не имеет докторской степени. Так что речь не идет об однородном электорате, состоящем из ученых.

На выборах председателя АХО была (и, я полагаю, остается до сих пор) неписаная традиция: поочередно выбирают председателем человека, занятого на производстве, и «чистого» ученого. За год до того, как я баллотировался, были кандидаты от «производственников» и была, так сказать, их очередь. Но было много людей, в том числе даже занятых на производстве, недовольных обоими кандидатами, и они убедили баллотироваться Фреда Басоло [19], и Фред победил. Это чрезвычайно рассердило тех в Американском химическом обществе, кого не очень-то волновала наука и кто считал АХО скорее профессиональной, чем научной организацией. Есть множество людей, для которых становится почти профессией участие в Совете, председательство в комитетах и тому подобное. У них вызвал сильное раздражение тот факт, что этот академический ученый пришел, по их мнению, не в свою очередь. Во-вторых, Фред не стеснялся говорить всем о том, что он считал неправильным в АХО и что он пытался исправить. Он был ужасно наивен, полагая, что за один год сможет улучшить организацию с такой инерцией, и ему не удалось ничего исправить. Что ему точно удалось, так это убедить бóльшую часть членов общества в том, что они еще долго не захотят иметь председателем подобную личность.

Следующий год должен был быть годом «чистых» ученых («академиков»), и я стал одним из их кандидатов. Другим был Джордж Пиментел [20].

---

[19] Фред Басоло (родился в 1920 г.) — американский химик. Исследования в области химии комплексов переходных металлов, работы по металлоорганической и бионеорганической химии. Председателем АХО был в 1983 г. — *Прим. пер.*

[20] Джордж Пиментел (1922–1989) — американский химик. Работы в области инфракрасной спектроскопии, пионерские работы в области химических лазеров. Многие выдающиеся химики, в том числе лауреаты Нобелевской премии, считали его своим учителем. Председатель АХО в 1986 г. — *Прим. пер.*

Мы с Джорджем откровенно все обсудили и решили, что если появится еще один кандидат по петиции, один из нас выйдет из гонки. Мы не хотели, чтобы голоса за «академических» кандидатов разделились. В то время Джордж занимался тем, что впоследствии окрестили «Докладом Пиментела»[21], поэтому он решил выйти из борьбы. В результате я остался один против «производственника», ставшего кандидатом по петиции. Я знал, что те, кто его поддерживал, собрались со мной разделаться. Они не хотели еще одного «академика», считали, что если (по их мнению) Басоло был плох, то Коттон, несомненно, будет еще хуже, и развернули невиданную кампанию. Они написали около двадцати тысяч писем. Я разослал несколько сот писем «академикам», в основном подчеркивая, что они обязательно должны проголосовать. В своем письме я сказал, что мой соперник — «посредственный химик, занятый в промышленности». Это была точная его характеристика. К сожалению, я связал два определения, чего не следовало делать. Это дало основания заподозрить, будто я считаю, что раз химик работает на производстве, он автоматически является посредственностью. Я никогда так не думал и так не говорил, но это было использовано против меня, и весьма эффективно.

Когда выборы закончились, в «Science» появилась статья, в которой подчеркивалось, что за моего противника проголосовало больше избирателей, чем за кого-либо избранного раньше. В ответ я написал письмо, в котором указал, что и за меня было подано голосов больше, чем за любого ранее избранного председателем общества, потому что на этот раз в выборах приняло участие необычайно много людей.

Недавно появилась новая награда, носящая имя Ф. А. Коттона. Как это произошло?

У шести секций Американского химического общества были золотые медали за достижения во всех и всяческих областях химии, но на юго-западе США не было ни одной медали такого рода. Поэтому мои друзья и коллеги по факультету воспользовались моим 65-летием и защитой моего сотого Ph. D. для того, чтобы собрать необходимые деньги, учредить медаль Ф. А. Коттона и фонд для чтения лекций. Первую такую премию дали мне в 1995 г. Спонсорами премии являются совместно секция Американского химического общества в Техасском университете A&M и химический факультет этого университета. Я действительно участвовал в разработке устава, потому что дал понять, что если будет медаль моего имени, то я хочу управлять этим делом надлежащим образом. Поскольку до этого я получил другие шесть медалей, я знал, как это все работает, и у меня

---

[21] «Докладом Пиментела» называют опубликованную в 1985 г. книгу «Возможности в химии» (*Opportunities in Chemistry*), написанную по заданию Национальной академии наук и Национального исследовательского совета коллективом авторов во главе с Джорджем Пиментелом и посвященную вопросам приоритетов в развитии химической науки. Книга вызвала оживленную дискуссию. См. также интервью с Ф. Вестхеймером (раздел 4). — *Прим. пер.*

сформировалось определенное мнение о том, какие процедуры хороши, а какие плохи в награждении медалями, т. е. в выборе победителя и т. п.

По моему мнению, чтобы медаль стала престижной, было очень важно с самого начала создать внушительные прецеденты. Следовало также давать ее иностранцам, чтобы показать, что она предназначена не только для американцев, присуждать ее людям, занятым в различных областях химии, показать, что эта награда открыта для всех, наконец, одна из первых медалей должна была достаться женщине. В 1996 г. выбор пал на Джорджа Олу. Исключительно по случайному стечению обстоятельств в 1996 г. я являюсь председателем местной секции АХО и таким образом — по должности — председателем Распорядительного комитета на 1997 г. Мы уже выбрали кое-кого весьма достойного, но сейчас я не могу об этом говорить[22].

Будучи аспирантом, я учился по книге Коттона—Уилкинсона «Курс неорганической химии повышенного типа». Как происходит совместная работа над новыми изданиями?

В Гарварде Джеф и я были очень близки. Он был ассистентом и моим научным руководителем. Первую пару лет он не был женат, и поэтому мы с ним были ближе друг к другу, чем это обычно бывает при подобных отношениях.

Он преподавал годичный курс неорганической химии повышенного типа, и я слушал этот курс, когда он читал его первый раз. Он постоянно жаловался на то, что нет учебника, который бы его удовлетворял. К тому времени, как я получил свою докторскую степень, мы с ним твердо договорились, что напишем нужную книгу. В 1962-м г. она вышла из печати, и с тех пор мы постоянно ею занимаемся. Работа идет легко, потому что мы знаем друг друга и доверяем друг другу.

Мы очень разные. Он не очень любит количественные методы, скорее, он интуитивный химик, а у меня больше склонности к теории. В этом различии наша сила. Вместе нам удается поддерживать нужное равновесие, и сейчас мы работаем над шестым изданием.

Недавно число Ваших публикаций превзошло число статей Лайнуса Полинга.

В среднем за все время моих занятий наукой я писал по 30 статей в год. Я говорю только о научных статьях. Сейчас их всего примерно 1 275.

Иногда меня немного беспокоит, что люди станут осуждать меня за то, что я опубликовал так много статей. Многие из них можно назвать поверхностными, т. е. в них нет ничего нового или нет глубоких мыслей — только синтез и структуры новых соединений. В конечном счете, я пишу так много статей потому, что я и мои сотрудники чертовски много работаем, и я считаю, что, когда что-то сделано и это можно

[22] В 1997 г. медаль Ф. А. Коттона была присуждена физикохимику Александру Пинесу (A. Pines), профессору химического факультета Калифорнийского университета в Беркли. — *Прим. пер.*

опубликовать, это следует опубликовать. Те, кто дают гранты, дают их в основном для того, чтобы мы получали новые знания, но никому не станет лучше, если эти знания останутся недоступными.

Можете ли Вы назвать человека или нескольких людей, оказавших самое большое влияние на Вас, Вашу жизнь, Вашу карьеру.

В том, что я стал таким, каков я есть, преобладающая роль принадлежит моей матери. Что касается химии, позвольте сказать следующее. Был такой социопсихологический трактат, написанный лет 30 или около того назад, в котором автор разделил всех людей на две большие категории — экстравертов и интровертов, т. е. на тех, кого побуждают к действию внешние стимулы, и тех, у кого есть что-то вроде встроенных стимулов, которые влекут их независимо ни от чего. Я всегда был классическим примером интроверта. Я никогда не делал чего бы то ни было потому, что кто-то другой станет обо мне лучшего мнения или потому, что сейчас «все так делают». У меня всегда было стремление стать ученым, а точнее, стать химиком. Химия всегда меня увлекала. И увлекает до сих пор.

Хотите сделать какое-нибудь заявление?

Да. В последние годы я оказался в некоторой степени вовлечен в политику в области науки; я был членом Комитета по науке, технике и публичной политике Национальной академии. Уже десять лет я являюсь членом Национального научного совета[23] и останусь им еще два года. Поэтому я знаю не понаслышке о том, что происходит в американской политике в области науки. Как большинство людей моего типа, а именно «чистых» ученых, меня ужасно беспокоит тот факт, что в нашей стране сворачивается поддержка фундаментальной науки. Отдаленные последствия этого для страны будут весьма печальны.

В Вашингтоне существуют политические силы, которые вольно или невольно выбрасывают за борт хорошие вещи, чтобы сберечь немного денег. То, что они делают, пытаясь сбалансировать бюджет нашей страны, вызывает возмущение. Чтобы это осуществить, надо сократить расходы примерно на двести миллиардов долларов. Для сокращений в таком объеме нужно обратиться к самым крупным статьям бюджета, потому что, как сказал ловкач Вилли Саттон[24], «там есть деньги». Это в первую очередь такие статьи, как бесплатная медицинская помощь и оборона. Намерение урезать маленькую программу стоимостью три миллиарда долларов в год

[23] Национальный научный совет (National Science Board) — правление Национального научного фонда. Состоит из 24 видных научных и общественных деятелей, назначаемых президентом США с согласия сената на шестилетний срок и работающих на общественных началах. Текущей работой руководит директор, также назначаемый президентом с согласия сената на шестилетний срок. Штаб-квартира находится в г. Арлингтоне, штат Вирджиния. — *Прим. пер.*

[24] Вилли Саттон — знаменитый американский грабитель 1930-х гг. На вопрос репортера, почему он грабил банки, он ответил просто: «Потому что там есть деньги». — *Прим. пер.*

вроде ННФ (Национального научного фонда)[25], при необходимости сократить бюджет на двести миллиардов долларов, настолько абсурдна, что кажется, и пятилетний ребенок поймет, что это ничего не даст. Это капля в море. Они хотят сократить нечто жизненно важное для нашего будущего, а ведь даже и без сокращений эта расходная статья находится на уровне шумов по сравнению с полутора триллионами федерального бюджета. Нужно иметь мужество для того, чтобы сокращать большие статьи, но ни у кого из политиков не хватает смелости выйти и сказать: «Я собираюсь сократить расходы на бесплатное медицинское обслуживание и на оборону, и сокращения будут большими». Альтернативой является повышение налогов, но, конечно, ни один политик не посмеет предложить и это, потому что тогда он проиграет следующие выборы.

Политики наносят вред будущему нашей страны, потому что интеллектуальная жизнеспособность экономики берет начало в технических инновациях. Корнями этого древа являются подготовка будущих ученых и проведение фундаментальных исследований, а они обрубают оба этих корня. Я думаю, это — политически мотивированная безответственность. Конечно, средний избиратель не знает, что это вредит ученым и наносит вред стране, а голосов самих ученых немного. А ведь у политиков в счет идут только голоса. Отношение политиков к этому очень похоже на ответ Фридриха Великого[26]: когда кто-то сказал ему, что Папа Римский заявляет резкий протест против каких-то его действий, Фридрих Великий сказал: «Правда? А сколько у этого Папы полков?»

[25] Национальный научный фонд — независимое федеральное ведомство, основанное в 1950 г. с целью содействия развитию фундаментальных и прикладных научных и научно-технических исследований в государственных интересах. Поддерживает и финансирует перспективные разработки в университетах и научно-исследовательских учреждениях. — *Прим. пер.*

[26] Фридрих II Великий (1712–1786) — прусский король с 1740 г., из династии Гогенцоллернов, крупный полководец; в результате его завоевательной политики (Силезские войны, 1740–1742 и 1744–1745 гг., участие в Семилетней войне 1756–1763 гг., в 1-м разделе Польши в 1772 г.) территория Пруссии почти удвоилась. Создал крупнейшую в Европе наемную армию (до 220 тыс. чел.). — *Прим. пер.*

Первые шаги химии кратных связей металл–металл

Петр Козьмин
(предоставлено Петром Козьминым)

Ада Котельникова
(предоставлено Петром Козьминым)

Первое сообщение о явно укороченной связи металл—металл в димере $W_2Cl_9^{2-}$ появилось в 1936 г. [1], но лишь значительно позже эта связь была описана как тройная. Ал Коттон говорил в своем интервью (см. предыдущий раздел), что русские синтезировали низковалентные соединения рения в 1950-х гг., на целых десять лет раньше, чем он приступил к этой работе. Возможно, это были соединения с тройными и четверными связями, но русские ученые этого не знали.

С точки зрения русских в этой области велась большая работа. Об этом написал П. А. Козьмин в своем обзоре «Четверная связь металл—металл: история и перспектива» [2]. А. С. Котельникова и В. Г. Тронев получили несколько низковалентных соединений рения и сообщили об этом в 1958 г. [3]. На основании некоторых свойств они распознали непосредственную связь рений–рений, но не предугадали существование кратной связи. Первое сообщение о строении димера $Re_2Cl_8^{2-}$ было сделано Козьминым и Кузнецовым на конференции в 1961 г. [4]. Они обнаружили, что расстояние Re–Re значительно короче, чем в металлическом рении. К середине 1960-х гг. пришло время обширных исследований этих систем с помощью рентгеновской кристаллографии, и Коттон с сотрудниками [5] начали с повторного изучения димера $Re_2Cl_8^{2-}$. Они писали: «Очень короткое расстояние Re—Re, о котором сообщили Кузнецов и Козьмин, сначала вызвало у нас подозрение: нет ли ошибки в их определении структуры, особенно если учитывать ярко выраженную тенденцию этого соединения образовывать двойниковые кристаллы и то, что структура уточнялась методом проб и ошибок... Однако мы пришли к выводу, что все основные положения работы Кузнецова и Козьмина верны...» Коттон с сотрудниками впервые предположили, что в этом димере связь Re—Re — четверная. Затем Ал Коттон продолжил свои пионерские исследования природы кратных связей металл—металл [6].

Однажды я встречался с доктором Адой Котельниковой (1927–1990), но в то время не знал о ее важном вкладе в исследование связей металл—металл. И конечно, она сама мне об этом ничего не говорила. Это была приятная скромная женщина. Во время работы, о которой говорилось выше, ей было около 30 лет, вероятно, она была младшим научным сотрудником. Поскольку ее соавтором был заведующий лабораторией профессор Тронев, можно с уверенностью предположить, что их статья 1958 г. — в основном работа Котельниковой. Лаборатория Тронева находилась в Институте общей и неорганической химии им. Н. С. Курнакова Академии наук СССР (ныне Российской Академии наук). О раннем признании важности исследований $Re_2Cl_8^{2-}$ свидетельствует советская почтовая марка, выпущенная в 1968 г. в честь 50-летия института Курнакова, на которой изображено четырехугольно-призматическое строение этого димера.

Советская почтовая марка 1968 г. с изображением иона октахлорида дирения и Института неорганической химии им. Курнакова Российской Академии наук (в то время Академии наук СССР). Марка была выпущена в ознаменование 50-летия института

Литература

1. *Brosset C.* Nature. 1935, 135, 874.
2. *Koz'min P. A.* The Chemical Intelligencer. 1996, 2 (2), 32.
3. *Котельниково А. С., Тронев В. Г.* Неорг. хим. 1958. № 3. С. 1008.
4. *Козьмин П. А., Кузнецов В. Г.* Тезисы докладов Всесоюзного совещания по кристаллохимии. Кишинев: Штиинца, 1961. С. 74–75.
5. *Cotton F. A., Curtis N. F., Harris C. B., Johnson B. F. G., Lippard S. J., Mague J. T., Robinson W. R., Wood J. S.* Science. 1964, 145, 1305.
6. *Cotton F. A., Walton R. A.* Multiple Bonds between Metal Atoms / 2nd Edition. Oxford University Press, 1993.

Герберт Ч. Браун, 1995 г.
(фото И. Харгиттаи)

20

Герберт Браун (Herbert C. Brown)

Герберт Чарльз Браун (родился в 1912 г. в Лондоне) — Заслуженный ветериллловский профессор-исследователь (Richard B. Wetherill Research Professor Emeritus) химического факультета Университета Пардью в Уэст Лафайетт, штат Индиана, США. В 1979 г. он и Георг Виттиг[1] совместно получили Нобелевскую премию «за разработку новых методов синтеза соответственно бор- и фосфорсодержащих органических соединений».

Семья доктора Брауна переехала в Чикаго, когда ему было два года. Он учился в Чикагском университете. Там же началась его карьера. В 1943 г. он перешел в Уэйнский университет в Детройте, а в 1947 г. стал профессором неорганической химии Университета Пардью. Вышел в отставку в 1978 г. Доктор Браун является членом Национальной академии наук, иностранным членом Индийской национальной академии наук и многих других научных обществ. Среди его многочисленных наград — Национальная медаль науки (1969), медаль Пристли Американского химического общества (1981), медаль Перкина Общества американских химиков, работающих в промышленности (1982) и золотая медаль Американского Института химиков (1985).

---

[1] Георг Виттиг (1897–1987) — немецкий химик-органик. Основные труды по химии фосфорорганических соединений. Открыл (1954) метод получения олефинов из карбонильных соединений и алкилиденфосфоранов («реакция Виттига»). Нобелевская премия по химии 1979 г. (совместно с Г. Брауном). — *Прим. пер.*

Наш разговор был записан в кабинете доктора Брауна в здании лаборатории Г. Ч. Брауна в Университете Пардью 8 ноября 1995 г. Он был опубликован в журнале «The Chemical Intelligencer»[2].

Можете ли Вы назвать какое-нибудь одно самое удачное из всех синтезированных Вами соединений?

Борогидрид натрия — самое удачное соединение. Я его синтезировал, когда работал научным сотрудником у профессора Х. И. Шлезингера в Чикагском университете. Гидроборирование — самая важная открытая мною реакция, ее я открыл позднее, в Университете Пардью. Моя докторская диссертация, которую я писал под руководством профессора Х. И. Шлезингера и доктора Антона Б. Бурга[3], была посвящена реакции диборана с карбонильными соединениями. Мы открыли, что альдегиды и кетоны реагируют с дибораном за время порядка нескольких секунд с образованием алкоксиборанов. В результате гидролиза алкоксиборанов водой получаются спирты. Это был новый способ восстановления альдегидов и кетонов до спиртов, и с этого начиналось гидридное восстановление в органической химии.

В ходе исследования путей повышения восстанавливающей способности борогидрида натрия мы с доктором Б. К. Субба Рао проводили эксперименты по увеличению этой способности с помощью хлорида алюминия. Мы взяли 56 типичных органических соединений и испытывали на них каждый новый восстановитель. Мы их смешивали, четыре молекулы гидрида на каждую молекулу изучаемого соединения, оставляли на один час при комнатной температуре, гидролизовали продукт реакции водой, измеряли количество выделявшегося водорода, и тогда становилось ясно, использовался ли гидрид для восстановления, использовалась ли одна молекула гидрида на молекулу, две молекулы на молекулу и т. д. При этом мы обнаружили, что в ходе реакции восстановления до спирта молекулы альдегидов и кетонов использовали одну молекулу гидрида, молекулы сложных эфиров — две молекулы, карбоновые кислоты — три (одна из них — для выделения водорода).

Одним из соединений, изучавшихся в наших опытах, был этилолеат, и он использовал 2,37 молекулы гидрида на молекулу. Эту работу проводил доктор Б. К. Субба Рао, он защищал свою докторскую диссертацию у меня и остался постдоком. Когда я спросил его, как получилось соотношение 2,37, он напомнил мне, что этилолеат не входил в число наших стандартных соединений. (Все наши стандартные соединения были тщательно очищены, и никому другому не позволялось прикасаться к ним.) Когда доктор Б. К. Субба Рао сообщил мне, что ему удалось достичь восстановления сложных эфиров до спиртов, я предложил ему попробовать

---

[2] Здесь представлена слегка измененная версия интервью, первоначально опубликованного в: The Chemical Intelligencer. 1997, *3* (2), 4–13, 1997, Springer-Verlag, New York, Inc.

[3] Антон Б. Бург (родился в 1904 г.) — американский химик. Пионерские работы по химии борогидридов. — *Прим. пер.*

восстановить какой-нибудь сложный эфир ненасыщенной жирной кислоты. Он взял из кладовки этилолеат, но не потрудился его очистить. Он подумал, что в неочищенном эфире должны быть примеси пероксида, из-за чего и получается такое большое число. Он сказал: «Почему бы не забыть об этой странности и не опубликовать только остальные 56 результатов?»

Но, к счастью, научному руководителю легко настаивать на поддержании высокого качества исследований: ему не приходится самому делать работу. Поэтому, подумав пару секунд, я сказал: «Нет, вернитесь, очистите этилолеат и повторите эксперимент». Он повторил эксперимент и снова получил 2,37. Тогда он оставил вещество на три часа при комнатной температуре, и число увеличилось до 2,9; через шесть часов оно поднялось до 3,0; 12 часов — 3,0; 24 часа — 3,0. Стало ясно, что в молекуле было еще что-то, что использовало ровно одну молекулу гидрида на молекулу этилолеата.

Мы решили, что двойная связь C = C соединяется со связью B—H, и так была открыта реакция гидроборирования. Это было в 1956 г.

В школьной газете Вы были редактором юмористической колонки.

Я до сих пор храню все вырезки. Я поступил в Энглвудскую школу в Чикаго в 1924 г., когда мне было 12 лет. Потом в 1926 г. умер мой отец. В то время еще не было системы социального обеспечения. У нас была небольшая лавка скобяных изделий, и я бросил школу, чтобы присматривать за ней. Мне было 14 лет. Боюсь, правда, что я пренебрегал этим занятием и проводил много времени за чтением книг. Мне нравилось учиться. Наконец, мать сказала, что могла бы присматривать за лавкой днем, так что я могу вернуться в школу, а вечером приходить в лавку и подменять ее. И я вернулся в школу и проучился там еще три семестра, вплоть до окончания.

Я начал сотрудничать в школьной газете, и мне там дали юмористическую колонку по образцу знаменитой юмористической колонки «*A Line of Type*» в газете *Чикаго Трибюн*. Наша газета была еженедельной. Обычно я бо́льшую часть колонки писал сам, и она получила премию. У меня есть склонность к юмору, большинство вещей мне кажутся забавными, и меня редко занимают происшествия, волнующие других людей.

Я окончил школу в 1930 г. и в течение двух лет безуспешно пытался найти работу. Это было время Великой депрессии. Тогда я решил вновь заняться учебой. В Чикаго был двухгодичный колледж Крейна под управлением муниципалитета. Там не надо было платить за обучение, но отбор был очень строг. К счастью, меня приняли, и я стал учиться на инженера-электрика, потому что кто-то сказал мне, что инженеры-электрики зарабатывают много денег. А в то время это было для меня самым важным.

По учебному плану подготовки инженеров-электриков на первом году необходимо было изучать химию, и этот предмет меня очаровал. У меня была очень хорошая память, и я мог запоминать эти вещи лучше любого другого в классе. После первого года учебы я решил, что могу

написать книгу по химии. Я платил своей младшей сестре пять центов в час, чтобы она ее печатала. Книга была об общей химии в моей собственной интерпретации. Она и сейчас еще где-то валяется в моих архивах.

А еще в колледже Крейна я встретил девушку, ей было 16 лет, и она училась на инженера-химика. В то время это было неслыханно. В колледже на инженеров учились сотни студентов, но только одна девушка, Сара Бэйлен. Сначала она меня возненавидела, потому что до моего прихода она была лучшим студентом в химическом классе, а второй она быть не любила.

Но через год колледж Крейна закрыли из-за недостаточного финансирования. В этом колледже работал некий доктор Николас Д. Херонис, выходец из Греции, и когда колледж закрыли, он сделал одну очень хорошую вещь. В его доме в перестроенном гараже была небольшая коммерческая лаборатория, называвшаяся «Синтетикал Кемиклз». В качестяе побочного занятия он делал дорогие химические индикаторы и другие дорогие химикалии. Он предложил десяти бывшим студентам приходить в эту лабораторию и заниматься чем угодно, лишь бы мы не болтались на улице. Там была Сара, туда пошел и я.

Я записался на заочные курсы количественного анализа в Чикагском университете. Они присылали мне неизвестные вещества, я делал я лаборатории анализ и посылал отчет. Курсы вел некто по имени Юлиус Штиглиц[4]. Он был профессором, и в действительности курсы вел один из его аспирантов. Однажды мне прислали неизвестное вещество, которое представлялось невозможным, оно вело себя очень странно. Я позвонил доктору Штиглицу и рассказал о проблеме. Он сказал, что, должно быть, в неизвестном веществе есть фосфат, хотя предполагалось, что его там не было. Он сказал, что попросит своего помощника прислать мне новый образец. Так началось мое знакомство с Юлиусом Штиглицем, которое изменило всю мою жизнь.

Через год в Чикаго были открыты три новых двухгодичных колледжа. Доктор Николас Д. Херонис был назначен главой отделения физических наук колледжа Райта. Мы с Сарой поступили.туда. За это время мы уже стали хорошими друзьями. В колледже Райта Николас Херонис читал много химических курсов; я слушал его курс органической химии. Он тогда писал книгу об органической химии в варианте полумикрометода. Он давал нам на проверку все эксперименты, чтобы убедиться, что с ними все в порядке. Эта была первая книга, в которой говорилось об экспериментах, проводимых с меньшими количествами веществ, чем это обычно бывает.

Там у меня была свобода действий, и мне было позволено экспериментировать с оборудованием, которое еще не использовалось в классах.

[4] Юлиус Оскар Штиглиц (1867–1937) — американский химик. Разрабатывал химическое оружие для американских вооруженных сил. Работы в области органической химии. В 1915–1935 гг. — декан химического факультета Чикагского университета. — *Прим. пер.*

Мне разрешили издавать журнал *«Physical Science Monthly»* (*Ежемесячник физической науки*). В нем описывались разнообразные эксперименты. Я был редактором, а зачастую и репортером, делал всю работу. В колледже ко мне относились очень хорошо, и когда подошло время окончания этого учебного заведения, сказали, что мне следует попытаться сдать экзамены на стипендию в Чикагском университете. Я записался на эти экзамены, но когда увидел список вопросов, подумал, что это безнадежно. В то время ректором Чикагского университета был доктор Роберт Мейнард Хатчинс[5)], который полагал, что для того, чтобы получить идеальных выпускников, их надо обучать на великих книгах («на ста Великих книгах»), причем обучение должно основываться на преподавании в первую очередь философии, психологии, литературы и т. д., а химии, физике, математике и т. д. не следует уделять большого внимания. А ведь все, чему меня обучали, сводилось именно к этим наукам. Тем не менее, я старался изо всех сил, и к моему величайшему изумлению стал стипендиатом. В 1935 г. я поступил в Чикагский университет. Другой идеей ректора Хатчинса было то, что студенты не должны тратить больше времени, чем это необходимо для того, чтобы получить свою степень. Прослушать десять курсов за четверть стоило столько же денег, сколько и за три курса, как это было обычно. Поэтому я слушал по десять курсов в четверть и закончил обучение за три четверти, в 1936 г.

Я не подавал заявление на должность ассистента на неполной ставке, потому что хотел жениться на Саре, а в те дни не женились, не имея работы.

Профессор Юлиус Штиглиц был теперь заслуженным профессором в отставке. Он был деканом факультета в течение многих лет. У него был очень знаменитый брат-близнец, Альфред Штиглиц[6)], который женился на художнице Джорджии О'Кифи. Юлиус Штиглиц читал курс органической химии повышенного типа. Мы с Сарой слушали этот курс. У него была привычка говорить минут пять, а потом задавать слушателям вопрос, чтобы не спали, я полагаю. Я всегда вызывался отвечать. По-видимому, я произвел на него впечатление. Он вызвал меня в кабинет и сказал: «Мистер Браун, я знаю, что Вы не подали заявление на должность ассистента на неполной ставке, а ведь это позволило бы Вам продолжать готовиться к получению степени доктора философии (Ph. D.). Почему? Я уверен, что Вы были бы очень хорошим доктором философии». Я рассказал ему, что встретил девушку и хочу на ней жениться, но не могу придумать, как совместить женитьбу с работой над

[5)] Роберт Мэйнард Хатчинс (1899–1977) — американский реформатор высшего образования. В 1929–1951 гг. — ректор Чикагского университета. Боролся с чрезмерной специализацией и узким профессионализмом. От большинства проведенных им реформ отказались после его отставки. — *Прим. пер.*

[6)] Альфред Штиглиц (1864–1946) — американский фотограф и пропагандист фотоискусства. В числе лучших его работ — фотопортреты (более 400) его жены, известной американской художницы Джорджии О'Кифи (1887–1986). — *Прим. пер.*

Юлиус Штиглиц в Чикагском университете (фото И. Харгиттаи)

диссертацией. Он сказал: «Я думаю, Вы совершаете большую ошибку. Почему бы Вам не поговорить с Вашей девушкой и подумать, не стоит ли отложить свадьбу до получения докторской степени». Я так и сделал, и к моему большому изумлению Сара сказала, что он, вероятно, прав.

Это не сделало мне жизнь легкой, потому что мне платили 400 долл. в год за половинное время преподавания. Я должен был вносить плату за обучение, 100 долл. в четверть, за три четверти в год, кроме летней четверти, которая была бесплатной. Так что на жизнь мне оставалось немного. Я давал частные уроки, и это помогало мне выжить. Однажды в конце недели, по секрету от доктора Штиглица, мы с Сарой сходили в мэрию и тайно поженились. Мы были так невежественны; мы не знали, что подобные сведения печатаются в ежедневных газетах. Есть люди, которые читают все эти длинные колонки имен. Хотя никто не знал Г. Брауна, Сару Бэйлен знали. В Чикаго есть только два семейства с фамилией Бэйлен. Секрет выплыл наружу, и мать Сары сказала мне, что теперь, когда я на ней женился, я за нее несу ответственность, так что она должна покинуть дом. Тогда она переехала в комнату, которую я снимал недалеко от университета, и недельная арендная плата сразу поднялась с 3,5 до 4,5 долл.

Она тогда тоже училась?

Да, в Чикагском университете, но была еще студенткой последнего курса. Она продвигалась не так быстро, как я.

Мы уже были на грани банкротства, когда она получила работу в больнице Биллингса при Чикагском университете. Там ей платили 90 долл. в месяц, что значительно облегчило нашу жизнь. Но она еще

Герберт и Сара Браун в 1995 г. (фото И. Харгиттаи)

не получила свою степень бакалавра. Поэтому я, бывало, ходил на ее лекции и писал конспекты, а вечерами она читала эти конспекты и делала лабораторные работы, так она и закончила учебу.

На уровне бакалавра она остановилась. В то время женщинам с более высокими степенями было почти невозможно найти работу. Фактически считалось позором, если жена работала. Сара работала в течение шести лет, а потом стала домохозяйкой, потому что к тому времени моей зарплаты было достаточно для ее содержания. Возможно, Вам будет любопытен тот факт, что за то время, когда она работала, она стала научным сотрудником доктора Чарльза Б. Хаггинса[7], который в 1966 г. получил Нобелевскую премию по медицине.

Как Вы выбирали область научных исследований?

Этот вопрос встал в аспирантуре. Сара купила книгу Альфреда Штока[8] *«Гидриды бора и кремния»* (*«Hydrides of Boron and Silicon»*) и подарила ее мне в июне 1936 г. ко дню окончания университета. Я прочитал эту книгу и заинтересовался гидридами бора. В то время это были очень редкие вещества. Во всем мире их делали только в двух лабораториях: в лаборатории Альфреда Штока в Карлсруэ в Германии и в лаборатории Х. И. Шлезингера в Чикагском университете. Вот так получилось, что я выбрал для изучения гидриды бора и стал работать с Х. И. Шлезингером.

Почему из сотен книг по химии, имевшихся в книжном магазине Чикагского университета, Сара выбрала именно эту книгу? Это была самая дешевая книга в магазине. Мы тогда были очень бедны. Книга стоила 2 долл. плюс шесть центов налога с продаж. Я до сих пор храню эту книгу.

Сара очень верила в меня. Когда мы в 1935 г. окончили колледж Райта, я принес друзьям свой ежегодник, чтобы они в нем расписались. Сара в нем написала «будущему Нобелевскому лауреату». Возможно, она была пророком, но у меня есть другое объяснение. Пока я не пришел в ее класс, она была лучшей. Потом она стала № 2, и ей это не нравилось, но она полагала, что всякий, кто знает химию лучше нее, обязательно станет Нобелевским лауреатом.

Каковы были Ваши отношения с Георгом Виттигом?

В 1963 г. он пригласил меня провести лето в Гейдельберге и сам приезжал сюда читать лекции, так что мы встречались много раз. Мы никогда

[7] Чарльз Брентон Хаггинс (1901–1997) — американский хирург. Первым применил гормоны для лечения рака предстательной железы. Способствовал развитию химиотерапии рака. Нобелевская премия по физиологии и медицине (1966). — *Прим. пер.*

[8] Альфред Шток (1876–1946) — немецкий химик-неорганик. Положил начало изучению бороводородов. Изучал силаны и их галогенпроизводные, неорганические соединения углерода. Работы Штока по исследованию технологии получения бериллия и его сплавов привели к внедрению этих материалов в промышленность. Первым доказал вредность паров ртути для человеческого организма и получил данные о путях метаболизма этого элемента. Разработал технику анализа микроколичеств ртути. — *Прим. пер.*

не работали вместе. Он плохо говорил по-английски. Ему переводила его жена.

Как Вы оказались в Пардью?

В 1930-х гг. университеты обычно ждали десять лет до того, как принять решение о зачислении на постоянную штатную должность. Я видел в Чикагском университете несколько случаев, когда на десятом году людям говорили, что для них в университете нет будущего. Так случилось с Антоном Б. Бургом, который был научным сотрудником Шлезингера и который перешел в Университет Южной Калифорнии, где весьма преуспел. На самом деле он всегда злился на меня, потому что думал, что если бы в Чикагском университете не было меня, то, возможно, постоянную должность получил бы он.

Герберт Браун получает Нобелевскую премию в 1979 г. (предоставлено Гербертом Брауном)

Георг Виттиг и Герберт Браун в Гейдельбергском университете в Германии отмечают получение Нобелевской премии в декабре 1979 г. (предоставлено Гербертом Брауном)

Он часто рецензировал мои работы для *JACS* (*Journal of American Chemical Society*) и писал о них ужасные гадости. В конце концов, я попросил Нойеса[9], редактора *JACS*, не присылать ему мои статьи, и он согласился.

Итак, я был свидетелем того, как это случилось с несколькими людьми в Чикагском университете. Я работал там преподавателем. Я брался за любой курс, который никто другой не мог читать. За те четыре года, которые я там был, я преподавал общую химию, качественный анализ, количественный анализ, физическую химию и органическую химию. И это все не считая больших проектов Второй мировой войны, в которых мы стали участвовать. Тогда я решил, что не буду ждать десять лет, и на четвертом году работы попросил Шлезингера выяснить у руководства факультета, есть ли для меня здесь будущее. Но они сказали, что не будут делать исключений и должен пройти обычный десятилетний процесс.

Это было в 1943 г. В этот момент мне помог профессор Моррис Караш[10]. У него был очень хороший друг в Уэйнском университете в Детройте (штат Мичиган), профессор Нил Гордон[11], который только что стал там деканом химического факультета. Это был тот самый Гордон, который основал Гордоновские исследовательские конференции. Он предложил мне работать в Уэйнском университете ассистентом. В этом университете не было программы подготовки специалистов со степенью доктора философии (Ph. D.). Нил Гордон хотел, чтобы я помог им разработать такую программу. Я переехал туда. Преподавательская нагрузка составляла 18 часов, но он обещал мне сократить ее до 12 часов, чтобы я мог заниматься исследованиями. В Уэйнском университете было вечернее отделение. Я договорился с 6 до 10 часов вечера три дня в неделю (понедельник, среда и пятница) читать лекции по органической химии для студентов последнего курса. Это оставляло мне целый день свободным для проведения исследований. К сожалению, остальные преподаватели на факультете пришли к Гордону и сказали: «Почему Вы даете этому новичку 12 часов? Мы тоже хотим заниматься исследованиями». Нил Гордон попросил меня найти решение, и я предложил ему сказать сотрудникам факультета, что он будет давать каждому поочередно для его научной работы год послабления, в течение которого его преподавательская нагрузка будет только 12 часов. И тогда за каждую статью, опубликованную в одном из признанных журналов, нагрузка будет снижаться на два часа. В первый год я опубликовал шесть статей, так что на следующий год моя преподавательская нагрузка была шесть часов в неделю. К сожалению, большинство остальных не занималось исследованиями в течение нескольких лет, и им было трудно опять войти в этот ритм.

---

[9] Артур Амос Нойес (1867–1936) — американский химик. Работы по аналитической химии. Один из основателей Калифорнийского технологического института в современном его виде и декан его химического факультета с 1919 по 1936 гг. — *Прим. пер.*

[10] См. примечание на с. 204.

[11] См. примечание на с. 216.

В 1946 г. меня пригласили посетить Университет штата Огайо. Это Мел Ньюмен[12] хотел, чтобы я перешел туда. Я приехал и сказал, что меня интересует органическая, неорганическая и физическая химии и надо, чтобы я мог привлекать к исследованиям студентов в каждой из этих областей. Декан факультета Эд Мак отверг мою кандидатуру. Он сказал, что никто не может быть настолько хорош.

Моей жене было очень не по себе в Детройте. Она интеллигентный человек, и ей нравилось участвовать в университетской жизни и деятельности. В Детройте университет находился в центральной части города, где невозможно было жить. Поэтому сотрудники жили в разных пригородах Детройта, так что никакой вечерней жизни у университета не было. В 1947 г., после четырех лет работы в Уэйнском университете, меня пригласили в Университет Пардью. Предложение было очень привлекательным. В Пардью была устоявшаяся программа подготовки Ph. D. и чудесный кампус — университетский городок с вечерними мероприятиями, просто идеально для Сары.

Как Вы занялись военными разработками?

Я был научным сотрудником Шлезингера, и однажды к нему пришла заявка из Вашингтона, из Национального комитета оборонных исследований на проведение исследования возможности существования новых летучих соединений урана, которые должны быть стабильны при температуре, при которой их давление было бы не меньше 0,1 мм. Они знали о UF_6, но это было очень агрессивное соединение. При его применении они сталкивались с серьезными проблемами. Мы стали работать по этой теме с четырьмя сотрудниками. Сначала мы получили ацетилацетонат урана, а закончили синтезом его гексафторированного производного. Этот комплекс был достаточно стабильным и достаточно летучим, чтобы отвечать необходимым требованиям. Когда мы сообщили об этом в Вашингтон, они сказали: «Извините, мы забыли упомянуть об одной детали. Важно, чтобы молекула имела малый молекулярный вес». А молекулярный вес нашего соединения был 1 066. Пришлось найти новый подход. К тому времени мы уже получили борогидрид алюминия с температурой кипения 56° С. Мы также получили борогидрид бериллия, твердое вещество с температурой сублимации 93° С. Это самые летучие соединения бериллия и алюминия. Мы подумали, что, может быть, сумеем синтезировать борогидрид урана, и нам это удалось. Когда мы сообщили об этом в Вашингтон, там страшно обрадовались; они попросили нас собрать большую группу, дали нам денег на 25 человек и хотели, чтобы мы сделали для испытаний сотню килограммов. Мы принялись за работу и, в конце концов, разработали практически пригодный процесс. Однако к тому времени нам сказали, что стало понятно, как обращаться с UF_6, и что $U(BH_4)_4$ больше не нужен.

[12] См. примечание на с. 200.

В это время нам позвонили из Войск связи. У них была проблема с производством водорода в полевых условиях. Они использовали метод времен Первой мировой войны: брали большой прочный стальной цилиндр, помещали в него ферросилиций, каустическую соду, определенное количество воды и закрывали крышку. Каустическая сода растворялась в воде, и температура поднималась примерно на сотню градусов, и тогда горячая каустическая сода реагировала с ферросилицием с образованием силиката натрия и водорода, а температура поднималась примерно до двухсот градусов. Давление паров воды достигало примерно тысячи фунтов на квадратный дюйм[13], а давление водорода — двух тысяч фунтов. После охлаждения можно было извлечь нужный водород. Выдержать такое давление могли только очень прочные цилиндры. Соответственно, они были очень тяжелыми. Было бы затруднительно транспортировать их на многочисленные поля боя по всему миру. Существовала и еще одна проблема. После использования водорода необходимо было счистить силикат натрия, покрывавший стенки цилиндра как стекло. Среднему солдату, чтобы соскрести его, требовался целый день. Солдатам приказывали зарывать силикат, но они так уставали, что просто сваливали его под ближайшим кустом. Коровам, похоже, это вещество нравилось, они приходили туда и ели его, а армии приходилось иметь дело с разными судебными исками по поводу порчи скота. Военные очень хотели бы получить другой способ производства водорода в полевых условиях. Мы рекомендовали наш борогидрид натрия; он прошел испытания и показал себя хорошо. Армия заключила контракт с одной большой корпорацией на сумму 25 млн долл. на постройку завода для производства борогидрида натрия в нужном количестве. Это было как раз перед Арденнским сражением в декабре 1944 г., и была уверенность, что война скоро закончится. Из Вашингтона приходили приказы не строить новых военных заводов, так что и этот завод не был построен.

У Вас много патентов, которые, должно быть, принесли огромную прибыль.

Военные поощряли нас патентовать эти вещи, причем они получали лицензии с правом бесплатного пользования патентом. Была такая компания «Метал Хайдрайдз», производившая гидрид кальция и использовавшая его для изготовления чистого урана для Манхэттенского проекта в Чикагском университете. Но когда война закончилась, их бизнес начал выдыхаться. Они были на грани банкротства, когда решили, что могли бы произвести борогидрид натрия и гидрид лития алюминия и изучить возможные рынки их сбыта. Они обратились к нам, и мы дали им лицензию на производство борогидрида натрия и борогидрида алюминия. Так эти вещества стали важными восстановительными реагентами. Эти события

[13] Тысяча фунтов на квадратный дюйм — это примерно 6,895 МПа или 68,05 атм. — *Прим. пер.*

и моя докторская диссертация, показывающая, что диборан — хороший восстановитель, дали начало эре гидридов в качестве восстановителей в органической химии.

Нам очень повезло, что военные убедили нас запатентовать все это и дать им лицензии с правом бесплатного пользования патентом, так что никто другой не мог патентовать эти процессы.

Подпись под карикатурой: «Извини меня, Герберт, но не выйду ли я за рамки приличий, если попрошу Нобелевского лауреата вынести мусор?»

Карикатура Д. Саттлера в газете *Джорнал энд курьер* (*Journal and Courier*), выходящей в городе Лафайет, штат Индиана, за 20 октября 1979 г. Воспроизводится с разрешения. 25 октября в газете было опубликовано письмо Герберта Брауна редактору, в котором говорилось: «Смотрел на вашу карикатуру с тяжелым чувством. Сара всегда сама выносила мусор, и такие карикатуры могут только создать сложности в нашем идиллическом порядке. Вы должны понять, что в течение нашей долгой и очень счастливой семейной жизни я взял на себя всю ответственность за химию, а Сара — за все остальное. Пожалуйста, не сейте дух сомнения в таком чудесном устройстве совместной жизни»

"SIC TRANSIT GLORIA"

Подпись под карикатурой: «Так проходит слава» (*лат.*)

Карикатура Сюпу Дэниэла Ли датирована 26 декабря 1979 г. Воспроизводится с разрешения. Сюпу Ли работал тогда у Герберта Брауна после защиты докторской диссертации (Postdoctoral Fellow), сейчас он заведующий микроаналитической лабораторией в университете Пардью

Ваши исследования барогидрида натрия, сделинные ва время вайны, были опубликованы значительна позднее.

Во время войны вся работа проводилась в условиях секретности, и для того, чтобы ее можно было опубликовать, ее надо было рассекретить. Но что касается борогидрида натрия, у меня возникла еще проблема со Шлезингером. Он был профессором, я — простым преподавателем. Я думал, что статьи должен писать он, а он думал, что их должен писать я. В конце концов, в 1951 г. меня пригласили на лето в Калифорнийский университет в Лос-Анджелесе, и там я написал эти статьи. У меня было 18 статей в первом номере *JACS* за 1953 г. (11 по исследованиям, связанным с синтезом борогидрида натрия и борогидрида урана и 7 по напряженным гомоморфам).

Расскажите, пожалуйста, а Ваших исследованиях стерических эффектов, напряжения и перегруженных молекул.

Работая в Чикагском университете, я искал способ использовать результаты моих засекреченных работ по соединениям бора для достижения чего-нибудь нового и стоящего в химии, и так, чтобы это могло быть опубликовано. У нас была обратимая система. Можно взять триметиламин и триметилбор, смешать их и получить аддукт $Me_3B : NMe_3$. При более высоких температурах этот аддукт становится летучим и частично диссоциирует. Тщательные измерения при нескольких значениях температуры позволяют вычислить K_{eq} и определить ΔH, ΔS и ΔF. Это представляло собой новый подход к стерическим эффектам. Я исследовал их и пришел к выводу, что Ингольд был не прав. Он говорил, что все эффекты — полярные, электронные и что говорить о стерических эффектах вообще нет оснований. Тот факт, что нитрация изопропилбензола давала значительно меньший выход орто-изомера, чем нитрация толуола, объясняли не более жесткими стерическими условиями для изопропила по сравнению с метилом, а различным вкладом электронов. Я не согласился с этой интерпретацией и объяснил этот феномен стерическими условиями, налагаемыми на алкильные группы. Недавно было празднование столетия со дня рождения Ингольда, и я там прочитал лекцию, которую озаглавил «К. Ингольд знакомится со стерическими эффектами как фактором, влияющим на химические процессы».

Когда я перешел в Уэйнский университет, там не было мастерских, не было стеклодувов и т. п., но меня это не обескуражило. Я решил, что мои студенты последнего курса могут синтезировать сильно разветвленные спирты с помощью реакции Гриньяра. Мы могли выделить эти спирты, обработать их соляной кислотой, получить хлориды, гидролизовать их и сопоставить скорости их гидролиза со стерическими эффектами разветвленных алкильных групп. Таким образом, мы вступили на путь изучения химических эффектов стерических напряжений.

Когда я пришел в Пардью, я продолжил исследование стерических эффектов, но возобновил и изучение химии бора.

Сильно ли помогло Вашей работе установление строения диборана?

Сначала все полагали, что диборан имеет строение, подобное строению этана. Саймон Бауэр[14] и Лайнус Полинг опубликовали результаты исследования диборана с помощью дифракции электронов и предложили этаноподобную структуру. В то время Шлезингер попросил меня быть руководителем работы Нормана Дэвидсона[15] по метилалюминию. Дэвидсон, стипендиат Родса (Rhodes Scholar)[16], только что вернулся из Оксфорда, когда Англия с началом Второй мировой войны отослала всех родсовских стипендиатов на их родину. Он хотел продолжать работы в той же области. Шлезингеру эта область была неинтересна, и он попросил меня руководить работой Нормана Дэвидсона. Так что это был мой первый студент, хотя за три года до этого мы были сокурсниками.

Триметилалюминий $Al_2(CH_3)_6$ — это димер, как и хлорид алюминия Al_2Cl_6. Рентгеноструктурное исследование показало наличие в Al_2Cl_6 мостиковых атомов хлора. Мы приготовили $Al_2(CH_3)_6$, $Al_2(CH_3)_4Cl_2$, $Al_2(CH_3)_2Cl_4$ и Al_2Cl_6 и измерили их теплоты диссоциации. Все они были димерами. Согласно нашим данным получалась гладкая кривая без особенностей. На основании этого я решил, что и у диборана тоже должна быть мостиковая структура. Я пришел с этой идеей к Шлезингеру. Он сказал, что это не наша область, и что он свяжется с Лайнусом Полингом. Это было примерно в 1942 г. Полинг сказал, что эта мысль — чистейший абсурд, что диборан наверняка имеет этаноподобную структуру, и Шлезингер отговорил меня от попытки продолжать развивать эту идею. Тогда Дэвидсон отвез $Al_2(CH_3)_6$ к Лоренсу Брокуэю в Мичиган, чтобы провести электронографическое исследование для сравнения с гексаметилдисиланом $Si_2(CH_3)_6$, который, как мы были уверены, имел этаноподобную структуру. Мы попросили Брокуэя рассмотреть возможность того, что $Al_2(CH_3)_6$ и $Si_2(CH_3)_6$ имеют разное строение. Брокуэй сделал заключение, что обе молекулы имеют этаноподобную структуру, и я потерял веру в физическую химию как способ решения таких задач. Разумеется, в конце концов правильное решение было найдено, и структура диборана с водородными мостиками получила подтверждение.

Что Вы можете сказать о дискуссии по поводу классического и неклассического иона карбония?

[14] Саймон Х. Бауэр (родился в 1911 г.) — американский химик. Работы по высокотемпературной химической кинетике, молекулярной динамике, строению аморфных твердых тел и металлических кластеров. — *Прим. пер.*

[15] Норман Дэвидсон (1916–2002) — американский биолог и химик. Работы по использованию методов физической химии и электронной микроскопии в молекулярной биологии и генетике. — *Прим. пер.*

[16] Стипендии Родса — престижная стипендия, выдаваемая талантливым студентам всех стран (32 студента в год) для обучения в Оксфордском университете в течение 2–3 лет. Фонд стипендий организован в 1902 г. согласно завещанию известного английского колонизатора Сесиля Родса (1853–1902). — *Прим. пер.*

Одно время это был важный вопрос. Сол Винштейн[17] сделал следующее наблюдение: если растворить в уксусной кислоте экзо-норборнил брослат, получается экзо-ацетат; если растворить соответствующее эндо-производное, опять-таки получается экзо-ацетат. Он объяснил это наличием мостика между атомами C6 и C2 (катионный центр в классической структуре этого катиона).

Мы подвергали норборнен гидроборированию-окислению и получали 99,4 % экзо-норборнеола. Но в реакции не принимали участие никакие катионы. Реагенты просто атаковали более открытое экзо-положение. Промежуточное соединение в процессе сольволиза можно описать как пару находящихся в равновесии (equilibrating) энантиомерных ионов, взаимодействующих с растворителем преимущественно с более открытой экзо-стороны.

Это старая проблема в органической химии. Когда я слушал лекции по органической химии, меня учили, что бензол — это пара переходящих друг в друга (equilibrating) структур Кекуле. Теперь мы считаем, что это резонансный гибрид. Меня также учили, что циклогексан — плоская молекула. Сейчас мы считаем, что это пара взаимопревращающихся (equilibrating) структур с конформацией кресла. Мы сделали несколько экспериментов, убедивших меня в том, что сольволиз как вторичных, так и третичных производных 2-норборнила должен проходить стадию пары переходящих от одной структуры к другой и обратно (equilibrating) катионов 2-норборнила.

Помогали ли в решении этой проблемы вычисления?

Сначала расчеты показывали, что неклассический ион примерно на 69 ккал/моль стабильнее классического. С течением лет эта разность уменьшалась, и, наконец, Майкл Дьюар[18], который сам первым и предложил неклассический ион, получил разность 2 ккал/моль в пользу классического катиона норборнила.

Как изменила Вашу жизнь Нобелевская премия?

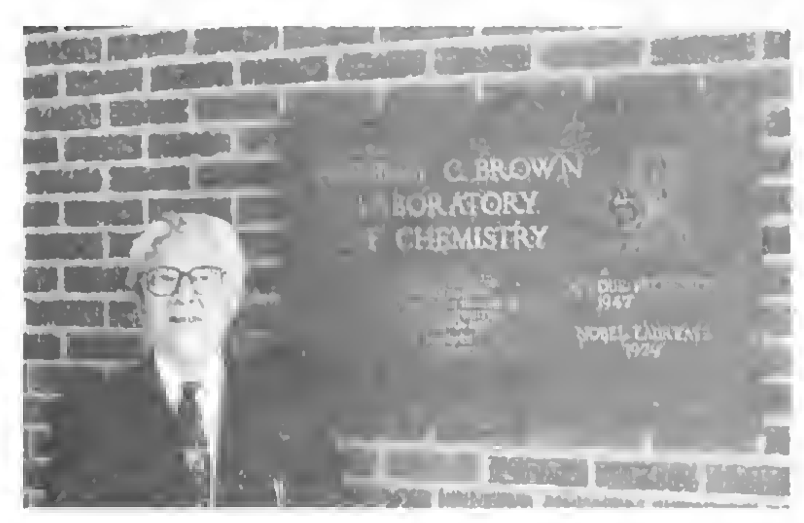
Никак не изменила. Я знаю, что некоторые становятся гражданами мира, разглагольствуют обо всех проблемах, стоящих перед человечеством, но у меня никогда не было стремления покинуть хотя бы один из двух предметов моей большой любви.

Что было основной областью Ваших интересов со времени получения Нобелевской премии?

Реакцию гидроборирования мы открыли в 1956 г. Систематическое исследование характеристик этой реакции привело нас к применению ее к альфа-пинену, одному из очень неустойчивых олефинов. Это вещество подвергалось гидроборированию без перегруппировки, но только две олефиновых единицы присоединяются к борану, образуя новый, оптически

[17] См. примечание на с. 85.

[18] См. интервью с ним в этой книге (раздел 13). — *Прим. пер.*



Герберт Браун перед доской с надписью «Химическая лаборатория Герберта Ч. Брауна» в Университете Пардью (фото И. Харгиттаи)

Медаль Герберта Ч. Брауна Американского химического общества за творческие исследования методов синтеза. Ее первым лауреатом был Герберт Браун в 1998 г. (предоставлено Гербертом Брауном)

активный гидроборирующий реактив, Ipc_2BH (Ipc=изопинокамфеил). В самом деле, гидроборирование *цис*-2-бутена с помощью этого реактива давало после окисления (+)-2-бутанол или (−)-2-бутанол с оптической чистотой до 98,4 %. Это была первая неферментативная реакция асимметрического синтеза с высоким энантиомерным избытком. Гидроборирование впервые сделало доступными для всех органобораны. Систематическое исследование химии органоборанов показало, что эти соединения являются очень разносторонними реагентами. Было открыто, что реакции замещения органоборанов проходят с сохранением конфигурации, в отличие от хода реакций замещения соединений углерода. Нас,

наконец, осенило, что теперь у нас появилась основа для общего метода асимметрического синтеза.

После получения Нобелевской премии мы исследовали асимметрическое гидроборирование и показали, что можем синтезировать много асимметрических органобораиовых промежуточных соединений. Мы разработали иесколько новых рсакций (24 главных преобразования) этих промежуточных соедииений в асимметрические органические молекулы. В самом деле, мы даже прикинули, что, используя продемонстрированные нами простые методы, можно теперь синтезировать 130 000 чистых энантиомеров. Мы распространили эти методы на асимметрическое восстановлеиие кстоиов, асимметрическое алкил- и кротилборироваиие альдегидов, асимметрическое раскрытие мезо-эпоксидов, асимметрическое еиолборирование и прочее — получается действительно общий метод асимметрического сиитеза с высоким энантиомерным избытком. Эта область стала одной из основных областей исследования химиков-органиков. Были разработаны многие иовые методы синтеза. Но ни один из них не обладает общностью нашего подхода — «асимметрического синтеза с помощью хиральных органоборанов».

Кто финансирует Ваши исследования?

В течение многих лет это были ННФ (Национальный научный фонд) и НИЗ (Национальные институты здоровья), военные ведомства. С тех пор, как мне исполнилось 80 лет, ННФ и НИЗ прекратили финансирование. Но к финансированию Фонда исследования боранов подключились другие. Это дает половину средств для моих исследований. Другая половина идет от Управления военно-морских исследований и Управления армейских исследований. Университет оплачивает работу моего секретаря и научного сотрудника и предоставляет необходимую площадь.

А что Вы скажете о своем сыне?

Чарли родился в 1944 г. Он также окончил школу в 16 лет. Сара не хотела, чтобы ребенок в 16 лет уезжал из дома, поэтому он получил свою степень бакалавра наук здесь, в Пардью. Потом он получил докторскую степень (Ph. D.) в Беркли[19], работая независимо (в конце концов, он приехал в Беркли, когда у него было уже 10 публикаций в *JACS*). Свою постдоковскую работу он выполнял у Карла Джерасси[20] в Станфорде[21]. В 1970 г. перешел в Корнельский университет, где, как и отец в свое время, безуспешно пытался получить постоянную штатную должность.

---

[19] Беркли — город на западе США, штат Калифорния; пригород Сан-Франциско. В Беркли находится одно из крупнейших отделений Калифорнийского университета. — *Прим. пер.*

[20] См. интервью с ним в этой книге (раздел 6). — *Прим. пер.*

[21] Станфордский университет, город Станфорд, штат Калифорния, США, основан в 1885 г. Входит в научно-промышленный территориальный комплекс, так называемый Станфордский научно-исследовательский парк. — *Прим. пер.*

Он захотел вернуться в район залива Золотой Рог, и сейчас ведет научную работу в IBM в Калифорнии. У нас две внучки: Тамар, студентка Смитовского колледжа[22], и Ронни, она еще школьница.

Пожалуйста, расскажите о Вашем происхождении.

Мои родители родились в городке Бровары, между Киевом и Житомиром на Украине. Фамилия моего отца была Броварник — по названию города. Его семья решила эмигрировать. Обычно в таких случаях первыми уезжают отец и старший сын. Поэтому мой дедушка со своим старшим сыном поехали в Соединенные Штаты. Они должны были заработать достаточно денег для того, чтобы могла переехать следующая партия. Мой отец был вторым сыном, и он поехал во второй партии со своей матерью, еще одним сыном и младшей дочерью. Когда они добрались до Соединенных Штатов, у девочки, которой было пять лет, обнаружилась вирусная инфекция в глазах, и ей отказали во въезде. Поэтому эти четыре члена семьи были вынуждены вернуться. Они поехали не назад в Россию, а в Англию, в Лондон. Мой отец был столяр-краснодеревщик; он получил работу и познакомился с моей матерью, семья которой тогда тоже переехала в Англию. Они поженились в 1908 г., в 1909 г. у них родилась дочь, а в 1912 г. родился я.

На каком языке вы говорили?

Они говорили на идише, а мой отец стал говорить по-английски. Потом, в 1914 г. отец решил, что они должны воссоединиться со своей семьей в Соединенных Штатах. Мать не хотела туда ехать, но в то время от женщин мало чего зависело. Мы все переехали в Чикаго. Отец был одним из семерых детей, двух девочек и пятерых мальчиков. Вначале мы жили очень бедно, но постепенно богатели. Наконец, отец открыл скобяную лавку в южной части Чикаго, и мы жили над магазином.

У Вас была религиозная семья?

Нет. Когда меня обучали перед обрядом бар-мицвы[23], раввин предложил мне подумать о том, чтобы стать, как и он, раввином, но у нас была нерелигиозная семья, и я отказался.

Что бы Вы хотели добавить в заключение нашей беседы?

Восемь лет назад мне позвонила моя внучка Ронни. «В чем дело, Ронни?» А Ронни говорит: «Мой класс попросил меня пригласить тебя прочитать им лекцию». Я говорю: «Ронни, в твоем классе восьмилетние дети, почему они хотят меня послушать?» А она: «Когда мы проходили Мартина Лютера Кинга, учитель сказал, что он был Нобелевским лауреатом. Тогда я встала

[22] Смитовский колледж (Нортгемптон, Массачусетс) — одно из наиболее престижных и аристократических женских высших учебных заведений США. Основан в 1871 г. на деньги, завещанные Софией Смит (1796–1870), дочерью богатого фермера. — *Прим. пер.*

[23] Бар-мицва (*древнеевр.*, «сын заповеди»), в иудаизме обряд инициации, означающий, что еврейский мальчик, достигший 13 лет, становится совершеннолетним в религиозном отношении и возлагает на себя все религиозные обязанности. — *Прим. пер.*

и сказала, что мой дедушка тоже Нобелевский лауреат». Учитель сказал: «Ронни, не сочиняй». А Ронни: «Но ведь это правда. Почему бы вам не спросить мою маму?» И моя невестка это подтвердила. Класс собрался и решил, что они должны пригласить меня приехать и прочитать им лекцию. «Ты приедешь?» Я не ответил — думал о том, как бы мне отказаться от этого приглашения, не обидев ее. Я читал лекции перед многими аудиториями, но никогда — перед восьмилетками. Но моя жена слушала разговор по параллельному телефону, и я услышал, как она сказала: «О, Ронни, да он с удовольствием!» Поэтому мне пришлось туда ехать, и я прочитал им лекцию. Очень беспокоился, но лекция прошла хорошо. Я привез им Нобелевскую медаль и пустил ее по рядам, чтобы они посмотрели. Объяснил им, что такое химия. Потом подарил им книгу воспоминаний и «Aldrichimica Acta»[24], где я был представлен. В конце один из мальчиков встал и спросил меня: «Вы богаты?» Я сказал ему: «Мы живем в чудесном обществе, где всякий, кто делает оригинальные вещи, получает богатое вознаграждение».

Когда я вернулся домой, я получил письмо от учителя, в котором говорилось, что 60% учеников заявили, что хотят стать учеными.

[24] «Aldrichimica Acta» — бесплатный химический журнал по различным вопросам, связанным с темой органического, металлоорганического, биоорганического и неорганического химического синтеза, издаваемый корпорацией Sigma Aldrich. Более 120 000 подписчиков (2001 г.). — *Прим. пер.*

21

Джордж Ола в Будапеште в кабинете автора, 1995 г. (фото И. Харгиттаи)

Джордж Ола (George A. Olah)

Джордж (Дьердь) Ола (родился в 1927 г. в Будапеште) — профессор химии и директор Научно-исследовательского института углеводородов им. Локера при Университете Южной Калифорнии в Лос-Анджелесе. Награжден Нобелевской премией по химии за 1994 г. «за его вклад в развитие химии карбкатионов».

Джордж Ола окончил Будапештский технический университет и там же получил докторскую степень. Он начал свою карьеру как научный сотрудник профессора Гезы Земплена [1], который, в свою очередь, учился у Эмиля Фишера [2] в Берлине. В начале 1950-х гг. доктор Ола организовал исследовательскую группу в Институте органической химии Будапештского технического университета и одновременно в 1954 г. был одним из основателей Центрального научно-исследовательского института химии Венгерской академии наук. В 1957 г. переехал в Канаду и до 1965 г. работал в компании «Доу Кемикал» [3] в Канаде и США, после

[1] Геза Земплен (1883–1956) — венгерский химик. Работы по химии углеводородов. Монография *Энзимы и их практическое применение* (*Enzymes and their Practical Applications*). — *Прим. пер.*

[2] Эмиль Фишер (1852–1919) — немецкий химик-органик и биохимик. Нобелевская премия по химии 1902 г. за исследование структуры сахаров и пуриновых соединений. Создал крупную научную школу. — *Прим. пер.*

[3] «Доу Кемикал» (Dow Chemical) — одна из крупнейших химических фирм США. Основана в 1897 г. Выпускает промышленные химикаты, пластмассы, бытовые и сельско-

чего вериулся в систвму высшвго образования. Под вго руководством были объединены химическив факультеты Университета Западного резерва (Westem Reserve University) и Кейсовского Технологического института е Кливленде (штат Огайо). В 1977 г. перешел в Университет Южной Калифорнии, где основал институт, впоследствии получивший названив Иститута углеводородов им. Локера. Он удостовн многих акадвмических почестей. Является членом Национальиой академии наук США (1976), почетным члеиом Венгерской академии наук (1990); он получил премию им. Александра фон Гумбольдта для крупиейших ученых США (1979), медаль Ф. А. Коттона (1996) и многив другие нагрвды. С 1996 г. е Униеерситвте Южиой Калифорнии (УЮК) проходят циклы лекций его имени. Я читал самую первую лекцию этих циклов в УЮК 20 февраля 1996 г., и это дало мне возможность записать првдлагаемую беседу.

Чта было самым важным научным дастижением в Вошей корьере?

По всей вероятиости, это было осозиаиие того факта, что, вопреки общеприиятой коицепции, сформулироваиной Кекуле более ста лет иазад и гласящей, что углерод ие может быть одиовремеиио связаи более чем с четырьмя атомами, иа самом деле при определеииых условиях в электроидефицитных системах углерод может связывать группы из пяти или шести, а в иекоторых случаях даже из восьми атомов. Это открыло иовые захватывающие перспективы для химии углерода, а ведь оиа так важиа для жизии иа Земле.

Как Вы пришли к этой мысли?

Хотелось бы сказать, что это было как *deus ex machino*[4], или что это пришло ко мие во сие как откровеиие. В действительиости это был длительный процесс. В иауке иужны и коицепции, и факты. Наука все еще в очеиь зиачительиой степеии осиовывается иа получеиии иовых даииых. Этот иеожидаииый, отиосительио фуидаметальиый аспект органической химии мие удалось осозиать в ходе долгого мыслительиого процесса, в котором сопоставлялись миогие иаблюдеиия, проводившиеся со времеи дискуссии о классическом/иеклассическом иоие (а это была одна из главиых дискуссий в химии иашего времеии).

Действительно ли это дискуссия была так важна?

Нет, сама по себе — иет. Откровеиио говоря, имеет ли иорбориил-катиои мостиковое или открытое резоиаисиое строеиие — само по себе иикак ие повлияло бы иа будущее химии. Но это определеиио оказало влияиие иа самолюбие вовлечеииых в дискуссию химиков. Я заиялся этим потому, что около 1960 г. открыл способ получения положительиых оргаиических ионов (сейчас оии иазываются карбкатиоиами) с большой продолжительиостью существоваиия, так что мы смогли получить все виды спектров

хозяйствеииые химикаты, медикаменты, химическую продукцию военного назначения. — *Прим. пер.*

[4] *Deus ex machina* — бог из машины (*лат.*) (имеется в виду устройство, которое использовалось в древием греческом театре: в фииале представления иа сцену опускался актер, изображавший божество). — *Прим. пер.*

Химический корпус Будапештского технического университета. Он построен в 1902 г., и в нем размещается около половины химического факультета

Джордж Ола (в темном халате) в лаборатории в Будапештском техническом университете, 1948 г. (предоставлено Джорджем Олой)

и установить их строение, в том числе и строение норборнил-катиона. Однако в ходе этой работы я понял, что данная проблема имеет и значительно более широкий смысл. В норборнил-ионе одинарная связь С—С действовала как нуклеофильный электронно-донорный реагент. В этом конкретном случае все происходит в пределах одной молекулы, т.е. внутримолекулярно. Такая делокализация, первоначально описанная Винштейном, действительно имела место, и мы первые смогли это видеть непосредственно. Позднее пришла вполне логичная, как я думал, мысль. Однажды я задал себе вопрос: если такое может случиться внутри молекулы, почему бы этому не случиться между молекулами? Это привело к открытию широкого ряда электрофильных реакций насыщенных углеводородов, т.е. одинарных связей С—Н или С—С, и к пониманию того, что при некоторых условиях водород действительно может связывать пять или даже более соседних групп.

Когда это было?

Это было в середине и в конце 60-х гг., а дальнейшее обобщение происходило в начале 70-х гг.

Вы были вовлечены в дискуссию слишком поздно?

Я не опоздал; просто дискуссия началась за несколько лет до того, как я ею заинтересовался. Она началась в середине 50-х гг. Я открыл то, что сейчас называют химией стабильных ионов и сверхкислот в конце 50-х – начале 60-х гг. Вот тогда у меня было подходящее положение для того, чтобы вступить в дискуссию и решить этот вопрос. В распоряжении тех, кто «сражался» по этому вопросу до меня, были только непрямые методы, такие как кинетика и стереохимия. Мы же могли приготовить стабильные долгоживущие карбкатионы и исследовать их непосредственно с помощью спектроскопии и других методов.

Если говорить коротко, дискуссия возникла из-за попыток по-разному объяснить одни и те же экспериментальные факты. Винштейн и другие обнаружили, что при сольволизе сложных эфиров норборнана (бицикло-2.2.1-гептана) экзо- и эндо-изомеры реагируют с разными скоростями. Экзо-изомер всегда реагировал в сотни раз быстрее эндо-изомера. Винштейн предположил, что это объясняется тем, что экзо-реакция является ускоренной, и с большой прозорливостью указал на то, что причиной является участие в этом процессе соседней связи С—С. Другими словами сольволиз ускоряется потому, что связь углерод—углерод, т.е. электроны между атомами C_1 и C_7, может взаимодействовать с образующимся карбокатионным центром. С другой стороны, Г. Ч. Браун, имея те же данные, что и Винштейн (кстати, важно то, что эти данные никогда не подвергались сомнению), говорил, что нет ни ускорения, ни мостиков в промежуточном ионе[5]. Он предположил, что большое значение отношения скоростей экзо- и эндо- реакций объясняется не тем, что реакция

[5] См. также интервью с Г. Брауном (с. 239).

Джордж А. Ола и Иштван Харгиттаи в университете Южной Калифорнии в кабинете Джорджа Олы в 1996 г. (фото И. Харгиттаи)

с экзо-изомером быстрая, а тем, что реакция с эндо-изомером замедлена. Поскольку его всегда очень интересовали стерические взаимодействия, он предположил, что причина заключается в том, что подход с эндо-стороны молекулы затруднен. Браун рассматривал промежуточный карбкатион как пару быстро превращающихся друг в друга классических норборнил-катионов, а не как неклассический мостиковый катион Винштейна.

Вот вам пример того, как люди смотрят на одни и те же данные, убеждаются в их точности, но один объясняет соотношение $k_{экзо}/k_{эндо} = 300$ тем, что скорость экзо-реакции во столько раз быстрее, а другой говорит: нет, это объясняется тем, что эндо-реакция медленнее по стерическим причинам. Оспаривали интерпретацию данных, а не эксперимен-

Джордж Ола с профессором биохимии Ларсом Эрнстером[7] в Стокгольмском университете (предоставлено Ларсом Эрнстером)

[7] Ларс Эрнстер (1920–1998) — шведский биохимик, иностранный член РАН (1982). Исследования в области биоэнергетики; изучение ферментов дыхательной цепи митохондрий. — *Прим. пер.*

тальные факты. По этому поводу у меня есть любимая цитата моего соотечественника-венгра, получившего Нобелевскую премию по медицине за исследования внутреннего уха, Джорджа Бекеши[8]. Он писал: «Что нужно каждому ученому, так это иметь несколько хороших врагов». Когда вы, сделав вашу работу, подробно ее описываете и посылаете вашим друзьям с просьбой прокомментировать ее, они, будучи обычно занятыми людьми, могут выделить на это лишь ограниченное количество времени и усилий. Но если у вас есть убежденный противник, он потратит сколько угодно времени, сил и ресурсов на то, чтобы доказать вашу неправоту. Бекеши в конце говорил, что его проблемой было то, что он потерял многих хороших врагов, потому что они стали его друзьями. Я не хотел бы высказывать свое мнение о том, является ли ситуация в химии такой же, но я могу заверить Вас, что многие работали в этой области, не покладая рук, пытаясь найти ошибки экспериментов, и чудовищные усилия были затрачены на установление и проверку фактов. В отличие от многих, я считаю, что это не было пустой тратой времени. Иногда, начиная исследования, не имеешь ни малейшего понятия о важности того, что тебя интересует. Я был вовлечен в решение этой проблемы потому, что у меня был метод, позволявший мне непосредственно наблюдать промежуточные карбкатионы. Меня подзадоривали, говорили: «Если вы можете видеть эти ионы, скажите нам, кто прав в дискуссии о норборниле: Винштейн или Браун?» Я дал ответ, что само по себе было, возможно, довольно просто. Но в ходе этого я обнаружил общую основу электрофильной реакционной способности σ-связей, которая может быть не только внутримолекулярной (как участие σ-связей в норборнил-катионе); она может вовлекать σ-связи в межмолекулярные реакции (реакции между молекулами). Это был ключ к электрофильным реакциям алканов (с участием их связей C—H или C—C). В конце концов, мы обратились даже к метану, простейшей из углеводородных молекул, и обнаружили, что метан можно протонировать (или подвергнуть другой электрофильной атаке). Промежуточный ион CH_5^+ не только реален, но существует обширная химия CH_5^+ и его гомологов. Если вернуться к Вашему первоначальному вопросу, мне посчастливилось сделать кое-что значительное в этой области.

Была ли для Вашей карьеры серьезным препятствием то, что, выбравшись из Венгрии, Вы были вынуждены в Северной Америке начинать все занова?

Когда это случилось, я был еще довольно молод. Даже когда я в 1962 г. впервые представлял свою новую химию карбкатионов и говорил о ее важности на Брукхейвенской конференции по механизмам реакций органической химии, мне было всего лишь 35 лет. Действительно, события,

[8] Дьердь (Джордж) Бекеши (1899–1972) — физик. По происхождению венгр, с 1947 г. в США. Труды по биоакустике. Открыл физический механизм возбуждения во внутреннем ухе. Нобелевская премия по физиологии и медицине 1961 г. — *Прим. пер.*

которые я не мог контролировать, вынудили меня работать в промышленности, и кое-кто может подумать, что это не самая благоприятная обстановка для научных исследований. Но я считаю, иногда это хорошо, что вам бросают вызов. В конце концов, я начинал в бедной стране после войны и в очень трудных условиях. Оглядываясь на прошлое, я считаю, что это не повредило мне, поскольку это вынудило меня делать вещи, которые в противном случае я бы не делал, и которые в дальнейшем принесли мне большую пользу. Когда я попал, как говорится, в большой мир, я семь лет работал в промышленности. Но опять-таки, я всегда чувствовал, что это — настоящий вызов и замечательный жизненный опыт. Я много занимался практической химией, но, с другой стороны, у меня была возможность следовать своим собственным интересам.

Я вернулся в систему высшего образования в 1965 г., когда переехал в Кливленд в качестве профессора и декана химического факультета Университета Западного резерва. Одновременно с выполнением административных функций мне удавалось заниматься своими исследованиями и преподаванием. По другую сторону автостоянки, не более чем в 50 ярдах от нас, был еще один внушительных размеров химический корпус, принадлежавший Кейсовскому технологическому институту. Оба университета фактически стояли спина к спине, как и их химические факультеты. За два года нам удалось слить оба факультета в один. Это сработало настолько хорошо, что стало катализатором последующего слияния обоих университетов и образования Кейсовского университета Западного резерва. Достигнув своей цели, я с удовольствием сдал дела следующему декану. Я рассказал Вам это только для того, чтобы показать, что мне всегда нравились сложные задачи.

Вчера, гуляя по университетскому городку Калтеха (Калифорнийского технологического института), я сравнивал Вашу карьеру с идеальными условиями, имеющимися в Калтехе.

Я нисколько не завидую ничьим условиям, даже если они лучше, чем у других. У меня здесь, в УЮК, чудесный институт. В настоящий момент я занят в проекте, который, вероятно, доставляет мне больше удовольствия, чем какой бы то ни было другой проект в моей жизни. По настоянию моей жены и моих друзей я сейчас пишу книгу, которая будет не только автобиографией. Скажем прямо, химики, вообще говоря, не самые интересные люди, и подробный рассказ об их жизни и достижениях в химии — не самая удобочитаемая вещь для широкой публики. Но меня всегда интересовали более широкие аспекты науки. Химия, хотя это одна из важнейших наук, считается «ниже» физики и математики, но, пожалуй, «выше» биологии. Меня очень увлекает рассмотрение того, как химия вписывается в более широкий контекст. Неизбежны также попытки размышлений над более глубокими проблемами существования, жизни и т.д. Естественно, в ходе написания своей книги я в эти дни много читаю.

Кстати о Калтехе. Я недавио читал кое-какие книги о Лайиусе Полииге, иаписаииые как им самим, так и другими. В этих книгах много говорится и об истории Калтеха. Он начинался как небольшое местное учебиое заведеиие. Фактически его создали несколько замечательиых людей. Один из иих был Милликен[9], другой — Нойес[10]. Когда мы говорим о Калтехе, мы, конечно, понимаем, что сейчас это всемирно известное учреждение. Это одно из идеальных мест для проведения исследований, большой исследовательский институт с небольшим числом великолепных студентов. Что может быть лучше? И все это выросло практически из ничего всего за несколько десятилетий. Америка все еще молодая и динамичная страна. Здесь все еще можно кое-что сделать. Может быть, не так просто, как это было когда-то, но если у вас есть воображение и желаиие, вы все еще можете достичь многого. Взять хотя бы мой Институт углеводородов. В 1977 г., когда я перешел сюда, мы начинали в прямом смысле с ничего. Университет Южной Калифорнии начииался как местиое учебиое заведеиие 115 лет назад и, иаряду со своей футбольной командой, был известен скорее своими профессиональными школами. В науках же ои не был на равных со, скажем, Калтехом, Беркли или КУЛА (Калифорнийским университетом в Лос-Анджелесе). Мне доставляет чувство глубокого удовлетворения то, что за последние 20 лет я смог создать иаш ииститут. Это очень необычная часть америкаиской иауки, в этой области работают лишь немногие уииверситетские институты фуидамеитальиых исследоваиий. Он отличается от Калтеховского Бекмановского института, где собраиы представители различиых научиых дисциплин. Мы же в УЮК создали структуру для проведения исследований исключительно в области химии углеводородов. Это — важная часть органической химии, имеющая также большое практическое значение. Ииститут был организован с помощью друзей, он ие имел фииаисирования из правительствениых источииков. Мы только что пристроили новое крыло и обиовили первоиачальное здание института, это очеиь поможет нашей будущей работе.

Довойте немного поговорим о Вошем происхождении.

Я родился в 1927 г. Мой отец был юристом, и, насколько я знаю, никто в семье никогда не интересовался наукой. Если я правильно помню, в первых классах школы наука меня тоже не интересовала. Мне посчастливилось получить очень хорошее образоваиие. Я учился в гимиазии Отцов-пиаристов (Piarist Fathers)[11]; это была средняя школа с препода-

[9] Роберт Эндрюс Милликен (1868–1953) — американский физик, иностранный член-корреспондент АН СССР (1925; иностранный член-корреспондент РАН с 1924 г.). С высокой точностью измерил заряд электрона, экспериментально проверил квантовую теорию фотоэффекта А. Эйнштейна и определил численное значение постоянной Планка. Нобелевская премия по физике 1923 г. — *Прим. пер.*

[10] См. примечание на с. 234.

[11] Орден пиаристов — один из самых значительных католических монашеских орденов, занимающихся педагогической деятельностью, основан в 1621 г. Орден был призван за-

ванием гуманитарных наук. Я поступил туда в 1937 г. Учился хорошо и всегда много читал. Меня интересовала литература, история, языки. Оглядываясь назад, я радуюсь тому, что получил очень хорошее общее гуманитарное воспитание. Одним из учителей-естественников был Йожеф Эвегеш. Он преподавал нам физику. К своему стыду я не помню нашего учителя химии. Если бы меня тогда спросили, я бы выбрал своей профессией литературу или историю. Но был конец войны, мы жили в бедной разрушенной стране, и мне было ясно, что я должен предпочесть что-то утилитарное. Я записался на инженера-химика в Будапештский технический университет. Похоже, это было традицией. Например, Юджин Вигнер[12] сделал то же самое в начале 20-х г., есть и другие примеры. Позвольте подчеркнуть, что, пожалуй, неточно было бы называть то, чем мы в действительности занимались, прикладной химией. Химическое образование в Будапештском техническом университете было построено по примеру немецких технических университетов. В США прикладная химия (chemical engineering) означает нечто тесно связанное с машиностроением, и при этом преподается очень мало «настоящей» химии. Мы же изучали именно химию, с минимумом машиностроения.

Что касается начала моей «карьеры» химика, я помню, как в старших классах я со своим другом проводил какие-то химические опыты в подвале его дома, что закончилось небольшим взрывом и чудовищной вонью. Родители моего друга закрыли нашу «лабораторию», на этом и закончились мои первые эксперименты.

В химию я влюбился именно в университете. Вероятно, она оказала на меня такое впечатление тем, что была так обширна. На одном краю химии — основы современной биологии и сведения, необходимые для медицинских наук. На другом краю — практические аспекты производства материалов, пластиков, фармацевтических продуктов, — всех искусственных соединений и синтетических материалов, необходимых для современной жизни.

А Ваши родители и дети?

Мать умерла очень рано, когда ей не было и 50 лет. Отец дожил до 1979 г. и был свидетелем кое-каких моих достижений в этой области. Старший брат умер в конце войны в русском плену.

У меня два чудесных сына. К счастью, они не химики. Я в самом деле думаю, что дети должны находить собственный путь в жизни, и что, как правило, попытка пойти по стопам своих родителей, особенно

ниматься начальным обучением и воспитанием, подготовкой юношества к практической жизни. Позднее по образцу иезуитов пиаристы стали также создавать и средние школы, в которых важную роль получили реальные науки, например математика. — *Прим. пер.*

[12] Юджин (Эуген) Пол Вигнер (1902–1995) — американский физик-теоретик. Родился в Венгрии. Работал в Германии, с 1930 г. в США. Одним из первых показал (1931) эффективность применения теории групп и идей симметрии в квантовой механике. Участник разработки первого американского ядерного реактора. Нобелевская премия по физике 1963 г. «за вклад в развитие теории атомного ядра и элементарных частиц». — *Прим. пер.*

Семья Ола, 1963 г. (предоставлено Джорджем Олой)

Джордж Ола в своем кабинете в Кливленде, 1970 г. Фотографии на стене (сверху, по часовой стрелке): Меервейн, Ингольд, Браун, Уитмор, Винштейн (предоставлено Джорджем Олой)

если родители сколько-нибудь преуспели, — это ошибка. Наш младший сын специализировался по химии в Станфорде, а потом стал врачом. Наш старший сын — M. B. A. (master of business administration, магистр управления торгово-промышленной деятельностью), работает на одну финансовую компанию. Оба живут неподалеку. У нас очаровательные внук и внучка, они только что приехали к нам на Рождество.

Вы написали и отредактировали немало книг. Что Вы можете сказать об этом опыте?

За десять лет я опубликовал больше дюжины книг. Даже в книгах, которые я редактировал, я написал значительную часть. Написание или редактирование книг заставляет меня хорошо организовывать то, о чем идет речь, и тщательно все обдумывать перед тем, как писать. Это очень полезно. Все мои книги имеют отношение к моей собственной работе. Последняя из них, «Химия углеводородов» («Hydrocarbon Chemistry»), посвящена очень важной и обширной части химии углерода. Однако до этого химии углеводородов уделялось очень мало внимания. Если вы откроете учебники органической химии, многие аспекты новой химии углеводородов в них даже не упоминаются. Может быть, моя Нобелевская премия немного поможет изменить такое положение. В «Неорганической химии» Коттона и Уилкинсона вы найдете намного больше о современной химии углерода, чем в учебниках органической химии. В каком-то смысле это замечательно, поскольку я не верю ни в разделение химии (органическая, неорганическая, физическая и т. д.), ни в различные «химии», имеющие составные названия (физико-органическая, био-неорганическая и т. д.). Кто может честно определить разницу между органической и неорганической химией? Вот Вы, интересно, можете?

Я даже не знаю, к какой области отношусь сам.

Вот и я тоже. Лучшее определение, какое обычно дают, — это то, что органическая химия — это химия соединений углерода. Но я написал целую книгу, подводящую итог работе по гиперуглеродной химии (*hypercarbon chemistry*), в которой идет речь о многочисленных соединениях углерода, не являющихся частью традиционной органической химии. Норман Гринвуд [13] дает свое определение неорганической химии как химии элементов с отсутствием выделения особой роли элемента углерода. Это определение верно, но, конечно, не слишком научно. Я считаю себя химиком, интересующимся химией элементов с предпочтением некоторых из них. Однако я не могу полностью отнести свою деятельность к физико-органический химии. Разумеется, все мы используем физические методы. Если у вас есть приборы, вы были бы глупцом,не воспользовавшись ими.

Возвращаясь к разговору о Венгрии, хочу сказать, что в мое время там не было практически никакого современного оборудования. Во всей

[13] Норман Н. Гринвуд — Заслуженный профессор Университета Лидса (Великобритания). Работы по химии твердого тела, мессбауэровской спектроскопии, химии бора. — *Прим. пер.*

стране, когда я покинул ее в 1956 г., не было ни одного прибора, использующего ЯМР, и даже никаких ИК-приборов. Поэтому для меня, разумеется, использование пригодной для моих целей новой техники было просто чудом. Сейчас мы обычно проводим и квантовомеханические расчеты. Я сам не теоретик, но у меня есть несколько очень хороших студентов и сотрудников, применяющих теорию. Для нас это инструмент, дополняющий экспериментальную работу. Например, мы постоянно узнаем что-то новое о CH_5^+ и его гомологах, в том числе CH_6^{2+}, а недавно даже CH_7^{3+}. Структура CH_5^+ много раз обсуждалась. Что в действительности означает слово «структура»? Обычно все, что мы знаем, это — расположение ядер, и мы пытаемся вычислить положение электронов. Сейчас уже стало ясно, что некоторые структуры, например структура CH_5^+, очень эластичны. Барьеры, препятствующие перемещению протона от одной связи C—H к другой, очень низки, так что система кажется симметричной и гибкой. Эта система, однако, включает в себя двухэлектронное трехцентровое связывание. Конечно, строго говоря, нет никаких химических связей (*bonds*), есть только химическое связывание (*bonding*). Я думаю, что в знаменитой книге Полинга «Природа химической связи» («The Nature of the Chemical Bond») в действительности речь идет о химическом связывании. О карбкатионе CH_5^+ мы знаем только то, что в нем пять протонов одновременно взаимодействуют, т. е. связаны, с одним атомом углерода.

Сейчас 1996 г. мы гордимся тем, как далеко продвинулись наши знания. Но мы не можем дать характеристику науке, не зная ее истории. Несколько сот лет назад, — а в истории Вселенной это меньше чем один миг — лучшие ученые того времени полагали, что Земля плоская и надо соблюдать осторожность, чтобы не свалиться за ее край. Они также считали, что мы являемся центром Вселенной. Сейчас мы смотрим на то время и говорим: «Как они были невежественны и наивны». Нас уже не будет, но еще через несколько сот лет грядущие поколения, оглядываясь на наше время, возможно, будут правы, сказав то же самое о нас самих. Я только надеюсь, что они также заметят, что мы старались, как могли.

Не могли бы Вы еще сказать что-нибудь о книге, которую сейчас пишете?

Как я говорил, это будет больше, чем просто автобиография, в книге будут мои мысли о роли химии в более широком контексте. Некоторые мои друзья публикуют автобиографии в строгом смысле этого слова в серии АХО. Моя книга будет не такой. Я никого не критикую, но несколько разочаровывает то, что лишь очень немногие химики действительно пытаются мыслить достаточно широко, чтобы бросить взгляд на что-то вне их собственной сферы интересов и посмотреть, как химия вписывается в более широкую область нашего существования. Физики и математики гораздо более склонны к этому. Даже биологи. Есть, разумеется, исключе-

ния и среди химиков, например, Илья Пригожин [14], Манфред Эйген [15] и др. Но очень мало кто из химиков думает обо всем этом или хотя бы просто старается расширить свой взгляд на мир. Нет, однако, причин, по которым химики не могли бы попытаться думать больше; поэтому я сейчас пытаюсь мыслить в более широком масштабе.

Во времена греческих мыслителей естественные науки были частью всеохватывающей философии. То, что случилось потом, пожалуй, можно понять, но это было нехорошо. Наука стала настолько сложной, что большинство мыслителей (философов) просто перестали ею заниматься. Вот почему люди, имеющие научную подготовку, должны выражать свои мысли сами. Это не перестает интересовать меня и бросает мне вызов. Надеюсь, написанное мной будет хоть сколько-нибудь интересно и даже читабельно.

[14] Илья Романович Пригожин (1917–2003) — бельгийский физик и физикохимик, один из основоположников термодинамики неравновесных процессов, иностранный член АН СССР с 1982 г., иностранный член РАН (1991). Родился в России. Нобелевская премия по химии 1977 г. — *Прим. пер.*

[15] Манфред Эйген (родился в 1927 г.) — немецкий физикохимик, иностранный член АН СССР с 1976 г., иностранный член РАН (1991). Развил релаксационные методы исследования быстрых химических реакций. Труды по биокатализу, молекулярной биологии. Нобелевская премия по химии 1967 г. (совместно с Р. Норришем и Дж. Портером). — *Прим. пер.*

Джон Робертс, 1996 г.
(фото И. Харгиттаи)

22

Джон Робертс (John D. Roberts)

Джон Д. Робертс (родился в 1918 г.) — Заслуженный профессор химии и лектор в Калифорнийском технологическом институте в Пасадене (штат Калифорния). Окончил Калифорнийский университет в Лос-Анджелесе со степенью бакалавра (B. A.) в 1941 г.; получил докторскую степень (Ph. D.) в 1944 г. Поработав сначала в Гарварде и в МТИ, в 1953 г. перешел в Калтех. Его исследования были в основном связаны с изучением механизма органических реакций и применением спектроскопии ядерного магнитного резонанса в органической и биоорганической химии и биохимии. Он является членом многих научных обществ, в том числе Американской академии искусств и наук и Национальной академии наук, а также лауреатом многих премий, среди которых медаль Пристли Американского химического общества (1987) и Национальная медаль науки (1990). Наша беседа была записана в кабинете доктора Робертса в Калтехе 19 февраля 1996 г. и впервые опубликована в «Химическом собеседнике»[1].

В Вашей автобиографии Вы сделали трогательное заявление о том, как, проведя годы на первых ролях, Вы вдруг стали ощущать, что слава увядает.

Я думаю, это случается со всяким, так случилось даже с Полингом. Приходится переживать многие изменения. Первое — то, что вы больше

[1] The Chemical Intelligencer, 1998, *4* (2), 29–33, 1995, Springer-Verlag, New York, Inc.

не можете набирать аспирантов, и это уменьшает ваше влияние среди молодежи. Две вещи помогают мне справляться с этим. Во-первых, я до сих пор преподаю. Я читаю курс ЯМР и стараюсь, чтобы он соответствовал современным требованиям. Во-вторых, я провожу исследования вместе со студентами. Те, кто работает после получения докторской степени (постдоки), обходятся дорого. Поэтому вполне естественно, что хотя ваши коллеги уважают ваше мнение, у них есть свои программы, и будущее подразделения находится в их руках. Здесь, как только вы достигаете пенсионного возраста, вас перестают приглашать принять участие в отборе профессорско-преподавательского состава, хотя и приглашают к участию в обычной жизни факультета. Потом то же происходит с вами и на общенациональном уровне. Исключениями являются Национальная академия, где я остаюсь активным членом, и компания «Органик Синтесиз Инкорпорейтед», в которой я являюсь членом правления.

Ну и конечно, со всеми случается то, что, если вы делаете какую-нибудь важную работу, в течение некоторого времени ее связывают с вашим именем, а потом, если только это не что-нибудь вроде реакции Фриделя—Крафтса, эта связь постепенно теряется. Я недавно видел учебник органической химии, в котором на двух страницах говорилось о нашей работе по бензину, но ни разу не упоминались наши имена.

С какими достижениями Вы больше всего хотели бы связать свое имя?

Для элементарных учебников, я думаю, можно выбрать работу по карбоний-ионам, по бензину, по циклоприсоединениям и все, что мы сделали по ЯМР. Не знаю, что из этого лучше.

Одно дело, когда помнят вашу работу, вошедшую в учебники, другое — общее влияние, которое вы оказываете. Например, у нас был первый, насколько мне известно, цифровой ЯМР-спектрометр, а теперь он является чем-то вроде стандарта, и у меня нет причины связывать с ним свое имя. Но важнее всего то, что делают ваши ученики.

Что касается дискуссии о карбоний-ионах: когда Вы смотрите на нее из нашего времени, кажется ли она Вам теперь такой же важной, как тогда?

Великие дискуссии в органической химии, по-видимому, чаще всего были интересны тем, что в большинстве из них приходилось решать, как изобразить химическую структуру на бумаге. В этом деле иногда бывает трудно достичь чувства уверенности. В старые времена тоже были большие трудности с тем, чтобы написать формулу органического вещества и остаться довольным полученным результатом. Были проблемы с бензолом и разного рода резонансными гибридами. По сравнению с этим дискуссии о карбоний-ионах — шаг вперед: здесь речь шла о типе поведения, которому действительно было очень трудно дать рационалистическое объяснение в терминах обычных простых структур. Конечно, работа Джорджа Олы многое прояснила. Но даже до этого у нас было множество структур, которые нельзя было втиснуть в рамки старых понятий. Некоторые с ними яростно сражались, другие соглашались. В данном

Дж. Д. Робертс с людьми, которые были его друзьями тридцать или более лет, на Первом ежегодном Симпозиуме им. Уильяма С. Джонса в Станфордском университете в 1988 г.: (слева направо) Альберт Эшенмозер[2], Уильям Джонсон, Гилберт Сторк, Дерек Бартон, Карл Джерасси и Конрад Блох (фото Эрика Леопольда, предоставлено Дж. Д. Робертсом)

конкретном случае было некоторое основание сказать, что эти структуры, возможно, определены неправильно и требуется экспериментальное подтверждение. Результат — много интересной химии. Герб Браун затягивал дискуссию, потому что не желал принять новые идеи, и я никогда не мог понять, что им двигало, разве что, как мне казалось, он не ощущал себя частью истеблишмента.

Для элементарных учебников, я думаю, можно выбрать работу по карбоний-ионам, по бензину, по циклоприсоединениям и все, что мы сделали по ЯМР. Не знаю, что из этого самое лучше.

А он был такой частью?

Нет, он ни в коей мере не принадлежал к тому, что можно называть модным истеблишментом.

---

[2] Альберт Эшенмозер (родился в 1925 г.) — швейцарский химик-органик. Ученик Л. Ружички. В 1971 г. совместно с Р. Вудвордом осуществил синтез витамина B_{12}. Работы по химической эволюции и свойствам нуклеиновых кислот. — *Прим. пер.*

Однажды меня почти без предупреждения послали на дискуссию с ним в Колумбийском университете. Там устроили одновременно его и мою лекцию. Дискуссия была интересной и оживленной, но особого прогресса не получилось. Однако в любом случае он действительно дал толчок для проведения большой работы. Некоторая часть этой работы была очень интересной. Я нахожу восхитительным то, что за все эти годы он ни разу не допустил никаких изменений в своей позиции, несмотря на все вновь полученные результаты, и до сих пор считает себя правым. Временами меня так удручала эта дискуссия, что я решал работать над чем-нибудь другим. Но потом я возвращался, когда появлялось что-то новое, например работа Джорджа Олы по сверхкислотам.

А Ола был частью истеблишмента?

Что ж, раньше, когда Пол Бартлет, Сол Винштейн, я и другие, относившиеся к истеблишменту, встречались, мы обсуждали работы друг друга. Джордж, казалось, не особенно интересовался деталями чужих работ и редко принимал участие в таких обсуждениях, уж не знаю, почему. Но позднее, да и сейчас, у него было, что сказать. Если Джордж говорит, что бывает такая ситуация, когда можно положить гидрокарбонат натрия в кислоту, а диоксид углерода выделяться не будет, то это действительно требует существенного изменения того, что преподается в элементарной органической химии или даже в химии для студентов-первокурсников. Я полагаю, что в целом движение в этом направлении идет не так быстро, как следовало бы.

На одном из этапов Вашей карьеры Вы стали главой химического подразделения Калтехи. Это пост, который раньше занимал Лайнус Полинг.

Да, но для меня более важным было то, что в профессиональном плане я был последователем Говарда Лукаса, превосходного химика-органика. Раньше о Говарде здесь не были такого высокого мнения. Он был очень необычным человеком. У него не было докторской степени (Ph. D.), а я не знаю никакого другого химика, избранного в Национальную академию наук, у которого не было бы докторской степени. Он написал первый современный учебник органической химии в 1936 г. Винштейн был его аспирантом. Он занимался очень интересными исследованиями, позднее продолженными Винштейном.

В апреле прошлого 1995 г. я присутствовал на собрании, посвященном памяти Лайнуса Полинга в Анахайме, в рамках заседания АХО. Это собрание было организовано Калтехом, и некоторые были удивлены, услышав, что, по мнению Полинга, его в некотором смысле выжили из Калтеха.

Я этому совсем не верю. Возможен вопрос: выжили Полинга с поста председателя факультета или нет? Я исследовал этот вопрос, потому что как-то, году в 1956 или 1957, он поймал меня на автостоянке и спросил, следует ли ему подать в отставку. Я сказал — нет. Члены правления

были им очень недовольны, но они не собирались лишать его должности профессора, это было точно известно. Я помню, как один из них говорил мне, что Полинг стоил им миллионы долларов в виде подарков. В ответ я сказал ему, что, в конечном счете, учебное заведение, имеющее свои принципы, получит еще больше. Я слышал, что когда Полинг говорил с Дюбриджем[3], тот сказал ему, что члены правления не могут лишить его должности профессора, но могут уволить его с поста председателя факультета. На что Полинг сказал: если они могут это сделать, то и он может подать в отставку. И когда он оставлял свой пост, он написал очень тактичное уведомление об отставке. Он не говорил, что его выжили.

И то, что его выжили впоследствии, тоже неправда. Он подал в отставку. Это было, когда председателем был я. Он пришел ко мне и сказал, что решил подать в отставку. Я думаю, что он достиг такого этапа своей жизни, когда ему больше хотелось заниматься политикой, чем химией, и он чувствовал, что Калтех для этого не слишком подходящее место. Это правда, конечно, что здесь было много физиков, в том числе ректор и проректор, которые считали, что испытания ядерного оружия важны для обеспечения безопасности страны. И они не хотели прекращения этих испытаний. Поэтому они были настроены очень враждебно по отношению к Полингу и к тому, что он получил Нобелевскую премию мира. Но ведь точно такую же позицию заняло много других людей, да и «Нью-Йорк Таймс» в своих редакционных статьях весьма враждебно отнеслась к тому, что ему дали Премию мира. Возможно, Полинг хотел, чтобы все принимали участие в этом движении. У нас было собрание в его честь, я был на этом собрании и одобрял то, что он делает; теперь я даже еще больше это одобряю. Сейчас можно видеть результаты того, что испытания не были прекращены полностью. Я думаю, что это давало ему вескую причину для того, чтобы уйти, и, возможно, это был правильный выбор. С другой стороны, когда мы предоставили ему возможность быть связанным с институтом в качестве научного сотрудника (Research Associate), что является весьма почетным титулом, он любезно согласился. Это продолжалось вплоть до того момента, когда ему исполнилось 70 лет, и мы сделали его Заслуженным профессором, с чем он тоже согласился. Позднее мы с большим успехом организовывали празднование его 85-ти и 90-летия.

У вас в Калтехе есть какой-нибудь музей или мемориал Полинга?

Есть аудитория имени Лайнуса Полинга, и где-то на стене висел его портрет, но председатель факультета повесил его в своем кабинете.

Что заставило Вас обратиться к химии?

В шестом классе я прочитал несколько биографий ученых, а потом прочитал книгу Пола де Крайфа «Охотники за микробами». Это была очень

[3] Ли А. Дюбридж (1901–1994) — американский физик и деятель высшего образования. Работы в области военной техники, биофизики, ядерного распада, фотоэлектронной и термоионной эмиссии и др. В 1947–1970 гг. — ректор Калифорнийского технологического института. Был советником по науке президента США Ричарда Никсона. — *Прим. пер.*

популярная книга. В ней описывались некоторые эксперименты Пастера по самопроизвольному зарождению жизни и т. д. Потом, немного позднее, ко мне попала еще одна книга — «Созидательная химия» («Creative Chemistry») Слоссона[4]. Частью в ней речь шла об органической химии, частью — о неорганической. Книга впервые вышла до войны, т. е. до Первой мировой войны, и я не знаю, перерабатывали ее когда-нибудь с тех пор. Написана она была очень вдохновляюще. Но я экспериментировал с набором химических реактивов еще до того, как у меня появилась эта книга. Мне было примерно 12 лет, когда родители купили мне такой набор. Некоторые опыты показались мне довольно скучными, и я, чтобы сделать их интереснее, стал читать книги по химии, купил кое-какое оборудование, а мать выделила мне на кухне шкафчик для хранения моего имущества. Мой отец был умельцем. Он мало чего знал о химии, но интересовался механикой и любил делать вещи. Мы пытались заняться выдувкой стекла, но без особого успеха, хотя впоследствии я стал-таки очень хорошим стеклодувом. Еще у меня был двоюродный брат, он работал в одной фирме, поставлявшей научное оборудование в Лос-Анджелесе, и иногда отдавал мне бракованные изделия. Позднее я перенес большую часть своего хозяйства в гараж, кое-что там делал, а в школе прилежно читал учебники.

Вы писали об истории физической органической химии. Как сейчас развивается эта область?

Она несколько изменилась в связи с появлением нового оборудования и более совершенных теорий. Бóльшая ее часть была поглощена синтетической и биоорганической химией. Неорганики тоже, наконец, поняли, что эти методы для них пригодны. Так что различными путями она распространилась по всей химии. Тем, что осталось в центре этой области, в наши дни не очень много занимаются. Я полагаю, что именно здесь скоро произойдет оживление, и уже готовлю себя к этому. Думаю, что этот процесс пойдет в центральной части этой науки, где мы в действительности не так сильны, как думали раньше. Снова этим интересуются все больше и больше людей. Это подходящая область, именно здесь вычисления, использующие квантовую теорию, должны работать и давать предсказания.

Конформационным анализом в физической органической химии раньше не очень активно занимались, потому что там мало что можно было сделать. Все изменилось с появлением ЯМР, и я почти с самого начала решил, что буду заниматься ЯМР и конформационным анализом. Мы одними из первых поставили эксперименты, показывающие, что можно остановить вращение вокруг одинарной связи углерод—углерод. Сейчас я вернулся к проблемам конформаций. Мы все еще очень многого не понимаем в конформациях, особенно в водных растворах. Здесь играют

[4] Эдвин Эмери Слоссон (1865–1929) — американский популяризатор науки. Его книги издавались в США миллионными тиражами. — *Прим. пер.*

роль ионы, водородные связи, так что ситуация очень сложиа. Мы не очень хорошо понимаем детали сольватации.

Когда мы делали первые шаги в физической оргаиической химии, все это нам было недоступно. Сейчас можно всю жизнь ничем другнм не заииматься, и это — большая перемена. Я почти напуган тем, что сейчас можно быть настолько специализированным. Из-за этого труднее вовлекать людей в работу над чем-то совершенио новым: ведь по мере того, как сложнее становятся предметы, учиться становится все труднее и труднее.

Когда я иачинал, мы пользовались методами, которые применялись уже, по крайней мере, 50 лет. Единственным прибором в иашей лаборатории был рефрактометр. Если он не подходил, мало что можио было сделать. В моей работе, посвященной реактивам Гриньяра, мы могли найти решеине, только глядя на продукты реакции. В той работе мы нашли почти вериое решение, но когда, иакоиец, мы смогли определить структуры Гриньяра с помощью ЯМР, обиаружилось много неожиданного. В каком-то отношении в прежние времена было гораздо проще, но, с другой стороны, вы узнавали гораздо меньше, чем сейчас, а работать приходилось намного больше. Требовалось большое время уже для того, чтобы выяснить, чем являются наши продукты, и приходилось использовать значительио большие их количества, чем сейчас.

Не кожется ли Вам, что Вы весьма необычный химик-органик: занимаетесь синтезом, о книги пишете о ЯМР и о теории молекулярных орбитолей?

Я так не думаю. Эти киигн я написал не на очень высоком уровне. С другой стороны, Майкл Дьюар когда-то эксперимеитировал в области органической химии, а Кен Уайберг[5] в течение многих лет занимался как теорней, так и экспериментом. Я не думаю, что это так уж необычно. Это всяние времени. Я заиялся этим потому, что хотел больше работать на количественном уровие. Больше всего мне понравилось в процессе написания моих последних книг то, что я узнал о математике ЯМР достаточно, чтобы анализировать спектры, строить графики и т. п. Это очеиь, очень точиые вычисления, и они очень хорошо воспроизводят поведение прнбора.

Сколько книг Вы опубликовали?

Девять. Я как раз сейчас работаю над еще одиой книгой. Оиа будет о ЯМР: что-то среднее между тем, что вы узнаете о ЯМР в курсе органической химии и тем, что нужно знать, если вы хотите записать последовательность импульсов для многомерного ЯМР. Моя книга о молекулярных орбиталях выдержала 16 издаиий. Меня до сих пор просят разрешить ксерокопи-

[5] Кеннет Б. Уайберг (родился в 1927 г.) — амернканскнй химик. Работы в области физической органической химии. Ныне Заслуженный профессор Йельского уннверситета. — *Прим. пер.*

ровать части этой книги для использования в аудиторных занятиях. Ее надо бы обновить, но это дело не в числе главных моих приоритетов.

Расскажите о своем опыте работы с издательствами.

Однажды я помог основать издательскую компанию. Уильям Бенджамин издал мою первую книгу в Мак-Гроу-Хилл[6]. Он был там редактором, и все получилось недурно. Потом я некоторое время был в этой компании кем-то вроде советника по химической серии. Следующий этап наступил, когда мы с Бенджамином встретились в отеле в Кливленде во время заседания, и он сказал: «Я подумываю о том, чтобы основать свою собственную компанию, не хотел бы ты в этом поучаствовать?» И вот он, я, Конрад Блох[7], Дэвид Пирес и один адвокат уселись и провели первое собрание членов правления. Со временем компания стала достаточно большой, чтобы переехать в помещение на Бродвее в Нью-Йорке. Довольно долго дела у компании шли очень хорошо, и она разрослась настолько, что Билл больше не мог управляться с нею сам. В организации большого масштаба с ним было работать трудно, потому что он был слишком ярким и слишком импульсивным.

Когда я стал председателем факультета, мне становилось все труднее и труднее выкраивать время для компании. Компания процветала, и, в конце концов, ее купила «Аддисон-Уэсли»[8], и тогда я окончательно порвал с ней. Разве что они опубликовали второе издание моей книги по органической химии. Я до сих пор получаю небольшой авторский гонорар.

Одна из моих книг, сокращенная версия «Основ органической химии», имела довольно-таки большой успех, я передал авторские права на нее моим детям, чтобы оплатить их обучение в колледже, и это сработало очень здорово. Они и сейчас, спустя 20 лет, получают дважды в год несколько долларов.

Кроме Ваших дел с издательской компанией, занимались ли Вы чем-нибудь еще вне факультета?

Я являюсь консультантом в компании «Дюпон». Я занимаюсь этим уже 46 лет. Я все еще весьма занятой человек.

---

[6] «Мак-Гроу-Хилл Инкорпорейтед» — издательский концерн в США. Основан в 1909 г. Издает научно-техническую литературу, в том числе энциклопедии, справочники, периодику (журнал «Бизнес уик» и др.). — *Прим. пер.*

[7] Конрад Эмиль Блох (1912–2000) — американский биохимик. Родился в Германии, с 1936 г. в США. Установил роль холестерина в обмене веществ у животных и основные этапы его биосинтеза. Нобелевская премия по физиологии и медицине 1964 г. (совместно с Ф. Линеном). — *Прим. пер.*

[8] «Аддисон-Уэсли» — одно из крупнейших в мире издательств, специализирующихся на научной литературе. Является подразделением издательства «Пирсон Эдьюкейшн». — *Прим. пер.*

Рихард Эрнст, 1995 г.
(фото И. Харгиттаи)

23

Рихард Эрнст (Richard R. Ernst)

Рихард Р. Эрнст (родился в 1933 г. в Винтертуре, Швейцария) — профессор химии в лаборатории физической химии в швейцарском Федеральном высшем техническом училище в Цюрихе (Швейцария). Он получил Нобелевскую премию по химии в 1991 г. «за его вклад в разработку методов спектроскопии ЯМР высокого разрешения».

Учился в швейцарском Федеральном высшем техническом училище (ФВТУ) в Цюрихе. После получения аттестата «дипломированного инженера-химика» в 1957–1962 гг. работал в ФВТУ над докторской диссертацией (Ph. D.). После этого работал в компании «Вэриан Ассоушиэйтс»[1] в Пало-Альто (штат Калифорния). В 1968 г. он вернулся в ФВТУ и стал руководителем исследовательской группы ЯМР в лаборатории физической химии. Некоторое время был председателем исследовательского совета ФВТУ. По мере приближения пенсионного возраста все больше интересуется тибетским искусством. Это интервью было записано 28 августа 1995 г. в Будапеште и было опубликовано в журнале «Химический собеседник»[2].

---

[1] Компания «Вэриан Ассоушиэйтс» (Varian Associates) — один из мировых лидеров в производстве приборов для биологических наук, медицины, производства полупроводников, вакуумной техники и др. Была основана в 1948 г. братьями Вэриан (одна из первых компаний Силиконовой долины). В 1998 г. оборот компании составил 1,4 млрд долл. В 1999 г. разделилась на три самостоятельные компании. — *Прим. пер.*

[2] The Chemical Intelligencer. 1996. *2* (3), 12–17, 1996. Springer-Verlag, New York, Inc.

Познакомьте нас, пожалуйста, вкратце с Вашим вкладом в развитие методов ЯМР?

Давайте начнем с того, что такое ЯМР. В науке сведения о природе получают путем измерений, а для этого нам нужны датчики (измерительные преобразователи). К счастью, природа внедрила «шпионов» в каждую молекулу. Такими шпионами являются ядра атомов, которые ощущают то, что происходит вокруг них. У нас есть средства для того, чтобы общаться с этими ядрами, задавать им вопросы и записывать их ответы. Ядра-шпионы — это маленькие гироскопы, они прецессируют и вращаются; и они магнитны. Поэтому, когда они находятся в магнитном поле, частота их прецессии принимает определенное значение. Измеряя эту частоту, мы можем определить силу локального магнитного поля, и это наш основной источник информации. На локальные магнитные поля внутри вещества оказывает влияние их окружение. Существуют экранирующие эффекты окружения, оказывающие влияние на локальное магнитное поле. Мы измеряем остаточное магнитное поле у ядра и делаем заключение относительно экранирования за счет окружения. Это дает нам информацию о строении молекул, материалов и биологических объектов. Кроме того, существует магнитное взаимодействие между ядрами, по которому мы можем определить расстояние между двумя ядрами, участвующими в данном взаимодействии. Есть и еще один вид взаимодействия, это квантовомеханическое спин-спиновое взаимодействие, зависящее от углов между связями. Таким образом выявляется вся молекулярная структура. Когда я начал работать в этой области, все это уже было известно, но мало применялось, потому что чувствительность была недостаточно велика для наблюдения ЯМР-сигналов. Участвующие в этих сигналах взаимодействия очень слабы, и их трудно измерить.

Я начал работу над докторской диссертацией (Ph. D.) в 1957 и закончил ее в 1962 г. в ФВТУ под руководством профессоров Ганса Примаса[3] и Ганса Гюнтхарда. Потом, в 1963 г., перешел на работу в компанию «Вэриан Ассоушиэйтс» в Пало-Альто (штат Калифорния). Меня всегда интересовала проблема чувствительности и всегда раздражало то, что так трудно в экспериментах выделить нужные сигналы из шума. Я был уверен, что для того, чтобы метод имел какое-нибудь практическое значение, эту проблему необходимо решить.

В Пало-Альто я занимался приборостроением и работал с Уэстоном А. Андерсоном. Мы вместе пришли к мысли о возможности использования для увеличения чувствительности принципа многоканальности, включающего фурье-преобразование. Идея проста, можно сравнить ее

[3] Ганс Примас (родился в 1928 г.) — швейцарский химик. Профессор физической химии в ФВТУ с 1961 г. (ныне Заслуженный профессор). В 1967–1968 и 1976–1978 гг. — декан химического факультета ФВТУ. Работы в области теоретической, в частности квантовой, химии, философии науки. — *Прим. пер.*

с настройкой старого пианино. Допустим, в пианино есть вся клавиатура, но осталось лишь несколько струн. Можно пройтись по клавиатуре слева направо, нажимая по очереди одну клавишу за другой, только для того, чтобы выяснить, какие струны сохранились. Это утомительный эксперимент; вы можете нажать много клавиш и, в конце концов, обнаружить, что осталось всего, скажем, четыре струны. Есть способы получше, например, вы нажимаете сразу несколько клавиш и получаете некоторую суперпозицию откликов. Если нельзя разобрать отдельные звуки, для их разделения делается фурье-преобразование. Мы не проходим по всему спектру в поисках отдельных откликов, по одному ядру за раз, а получаем отклики сразу от всех атомов и потом с помощью математики разлагаем их на составные части.

Сначала мы пытались опубликовать нашу работу в 1965 г., и наша рукопись была дважды отвергнута *Журналом химической физики* (*Journal of Chemical Physics*). Возражения состояли в том, что это не имело отношения к молекулам, не имело фундаментального значения и вообще не было чем-то действительно новым. В конце концов, мы опубликовали эту статью в *Обозрении научных приборов* (*Reviews of Scientific Instruments*) [**1966, 37, 93**]. И взяли патент на эту идею.

И идея сразу нашла применение?

В то время я работал в приборостроительной компании, которая была ведущей в области спектроскопии ЯМР. Эта компания как раз разрабатывала новую серию приборов, но разработчики не хотели включать в новые приборы идею фурье-преобразования. В то время для подавления шума применяли модуляцию полем, а в этом случае в связи с проблемами синхронизации нельзя одновременно использовать импульсное возбуждение. Они не понимали важность фурье-преобразования и не хотели его применять. В конце концов, их конкурент компания «Брукер Аналитикал Инструментс»[4] на основе патентного соглашения осуществила спектроскопию ЯМР с фурье-преобразованием и произвела первый такой прибор в 1969 г.

Не хотели бы Вы особо выделить какую-нибудь другую вашу работу?

Так или иначе, большинство наших работ связано с фурье-преобразованием. Сначала мы предложили одномерное фурье-преобразование. Затем пришла очередь двумерного фурье-преобразования, и это было чрезвычайно важно для определения структур биомолекул.

Обычный одномерный спектр просто не содержит достаточно информации для определения строения молекулы. Здесь может помочь двумерная и трехмерная спектроскопия. Эти виды спектроскопии дают корреляционную информацию, которая позволяет измерить расстояния

[4] Группа фирм Bruker разрабатывает и производит ЯМР-, ЭПР-, Фурье-ИК-, масс-спектрометры, а в 1997 г. к ней присоединилось отделение рентгеновских спектрометров и дифрактометров, производившихся ранее фирмой Siemens. — *Прим. пер.*

и углы между связями в молекулах. Основная идея двумерной спектроскопии была предложена в 1971 г. профессором Жаном Йенером[5] из Брюсселя, а профессор Курт Вютрих[6] много занимался ее применением для определения строения биомолекул. Мы провели наши первые двумерные эксперименты в 1974 г.

В это же самое время мы реализовали фурье-визуализацию для возможных медицинских приложений, и это опять-таки основывалось на идее фурье-преобразования. Сам принцип визуализации для ЯМР был предложен в начале 1970-х гг. Полом Лаутербуром[7]. Мы только сделали этот метод более эффективным, используя в одном и том же эксперименте фурье-преобразования откликов на зависящие от времени градиенты магнитного поля. Таким образом можно получить изображение головы или тела человека.

Еще один важный вклад мы сделали в области гетероядерного резонанса. Так, например, сейчас резонанс на углероде-13 столь же важен, как и протонный резонанс. Это существенно, поскольку атомы углерода находятся в молекулах именно там, где происходит химическое действие, а протоны часто располагаются на периферии. К тому же ядра углерода-13 очень чувствительны к изменениям в своем окружении. Однако углерод-13 встречается редко, только один на сотню атомов углерода, и его магнитный момент очень мал. В результате получается малое отношение сигнал/шум, и нужно принимать меры для усиления сигнала. Одним из возможных выходов является нарушение связи между спинами углерода-13 и спинами протонов с тем, чтобы слить многочисленные слабые сигналы в несколько сильных. Для такого «взбалтывания» можно использовать давно известный метод наложения радиочастотных полей. Нашим вкладом является введение метода широкополосного нарушения связей, при котором сразу все протоны могут быть отсоединены от углерода-13 и наоборот. Фактически все это восходит к исследованиям, которые я проводил, работая над диссертацией в Цюрихе. Тогда я изучал стохастический резонанс с использованием для возбуждения случайного шума, но в то время я не ставил никаких экспериментов.

---

[5] Жан Луи Шарль Йенер (Jean Jeener) (родился в 1931 г.) — профессор Свободного университета Брюсселя. Работы по спиновой термодинамике, ядерному магнитному резонансу, затуханию излучения, дипольным полевым эффектам и др. — *Прим. пер.*

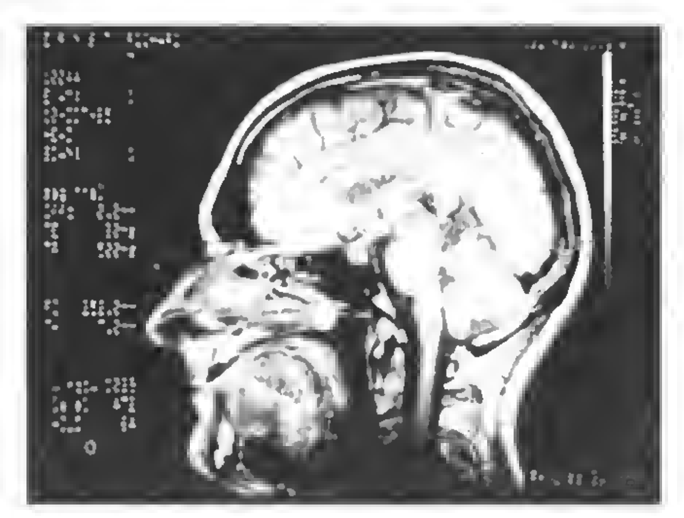
[6] Курт Вютрих (родился в 1938 г.) — профессор Института молекулярной биологии и биофизики при ФВТУ. Исследования строения и функций белков и нуклеиновых кислот, в том числе с помощью спектроскопии ЯМР, работы в области структурной и функциональной геномики, медицины. — *Прим. пер.*

[7] Пол (Пауль) Лаутербур (родился в 1929 г.) — американский химик. Работы в области ЯМР-томографии и ЯМР-спектроскопии и их приложений в медицине, биологии, химии и науках о материалах. В 1972 г. получил первое в мире двухмерное ЯМР-изображение двух стеклянных капилляров, заполненных жидкостью. На получение этого изображения ушло 4 ч 45 мин. Результаты эксперимента были опубликованы в 1973 г. в журнале «Nature». — *Прим. пер.*

Четырв чаловека, оказавших глубокое влияние на карьеру Рихарда Эрнста (фото предоставлены Рихардом Эрнстом): Ганс Гюнтхард и Ганс Примас, под чьим руководством была завершена его работа над докторской диссертацивй (Ph. D.) в ФВТУ в Цюрихе (1957–1962), Уэстон А. Андерсон, с которым он работал в «Вэриан Ассоушиэйтс» в Пало-Альто в Калифорнии в середине 1960-х гг., и Жан Йенер из Брюсселя, чья идея о двухимпульсной последовательности, порождающей после двумерного фурье-преобразования двумерный спектр, высказанная в 1971 г., дала толчок дальнейшей работе в лаборатории профессора Эрнста

И рентгеновская кристаллография, и спектроскопия ЯМР дают информацию о трехмерной структуре белков. Как они конкурируют или как дополняют друг друга?

Здесь есть практические аспекты. Чтобы применить рентгеновскую кристаллографию, надо вырастить монокристалл. Если это невозможно, в дело вступает спектроскопия ЯМР. Важно то, что спектроскопия ЯМР работает в растворах, являющихся естественной средой этих биологически активных молекул. Кристаллизация может изменить конформационные свойства молекулы. С другой стороны, спектроскопия ЯМР имеет свои ограничения. Методы рентгеновской кристаллографии можно применять к молекулам любого размера; нет ограничения величины молекулярной массы, она может достигать даже миллиона и более. ЯМР ограничен сравнительно небольшими молекулами. В настоящее время предел находится где-то между 20 и 30 килодальтонами. К тому же было обнаружено, что большие белки лишь незначительно меняют свое строение при кристаллизации. В кристаллических белках много воды, 50 % или даже больше, поэтому в каком-то смысле такая молекула тоже находится в своей естественной среде. Для кристаллов малых молекул это, конечно, не так; в этом случае межмолекулярные эффекты могут быть гораздо более важны.



ЯМР-образ Рихарда Эрнста (предоставлено Рихардом Эрнстом)

Преимуществом работы с ЯМР в растворе является возможность следить за изменениями структуры в результате изменений pH, изменений концентраций солей, добавляя субстрат, чтобы посмотреть, связывается ли он или нет, и т.д. Все эти изменения можно сразу увидеть в ЯМР-спектре. С рентгеновскими лучами такое невозможно. Общее преимущество ЯМР состоит в возможности исследования динамики молекул,

а это особенно интересно в случае гибких молекул. Масштаб времени, в котором можно проводить исследования с помощью ЯМР, колеблется от очень медленных процессов до 20–30 пикосекунд, но важные биологические события происходят сравнительно медленно, скорее, в пределах микросекунд или даже миллисекунд. В этих условиях возможности ЯМР уникальны. Мы также можем взглянуть на отдельные участки молекулы, обратившись к конкретным «шпионам», и определить, принимают ли они участие в изменениях. Так что это очень избирательный метод, и это одна из причин того, что он оказался таким полезным.

Как все начиналось для ЯМР?

Все началось с работ Феликса Блоха[8], тоже швейцарца, переехавшего в США и работавшего в Станфорде, и Эдварда Перселла[9] из Гарварда. Они одновременно в 1945 г. проводили первые эксперименты с ЯМР в конденсированной фазе. Однако самые первые эксперименты по магнитному резонансу провел Исидор Раби в 1939 г., это были эксперименты в газовой фазе в молекулярном пучке. Отсюда можно было сделать вывод, что подобные опыты можно осуществить и в конденсированном веществе.

В случае рентгеновских лучей первыми были медицинские приложения, а потом последовали научные. С ЯМР было наоборот.

Эдварда Перселла как-то в 1946 г. спросили, можно ли будет когда-нибудь использовать ЯМР в химии, и он сказал: нет, никогда, — это абсолютно бесполезно для химии. В то время это был один из основных физических методов очень точного измерения ядерных магнитных моментов в целях изучения строения ядер. Переход к химии и биологии был очень медленным. Потом ЯМР медленно добрался, наконец, и до медицины. Это как раз было естественным ходом событий, в то время как рентгеновские лучи, так сказать, прямо прыгнули в клинические приложения, и уже через два года во всех больницах стояли эти сумасшедшие рентгеновские аппараты для просвечивания людей. Это произошло чрезвычайно быстро. В случае ЯМР это заняло несколько десятков лет. Опять-таки, здесь была проблема чувствительности, потому что было действительно сложно выделить сигнал из шума. В начале 1970-х нельзя было и подумать о том, что можно получать изображение человеческого тела с помощью ЯМР. Даже когда мы предложили фурье-визуализацию в 1974 г., я не мог бы в это поверить.

---

[8] Феликс Блох (1905–1983), американский физик, один из основоположников квантовой теории твердого тела. Родился в Швейцарии, с 1934 г. в США. Разработал теорию энергетического спектра кристаллов, температурной зависимости намагниченности ферромагнетиков вблизи абсолютного нуля. Открыл (1946, независимо от Э. Перселла) ядерный магнитный резонанс. Нобелевская премия по физике 1952 (совместно с Перселлом). — *Прим. пер.*

[9] Эдвард Милс Перселл (1912–1997) — американский физик. Открыл (1946, независимо от Ф. Блоха) ядерный магнитный резонанс. Обнаружил (1951) излучение нейтрального межзвездного водорода на волне длиной 21 см. Нобелевская премия по физике 1952 г. (совместно с Ф. Блохом).

Кто первым положил человека в этот большой магнит?

Первый настоящий эксперимент по визуализации провел Пол Лаутербур в 1972 г., но блестящую идею о том, что нечто подобное возможно, первым высказал Рэймонд Дамадян [10], хотя он не знал, как это осуществить. Есть некоторое расхождение во мнениях относительно его приоритета. Он врач и впервые грубо просканировал человека в 1977 г.

Я так понимаю, что Вы сделали ЯМР-образ своей собственной головы. Было ли это сделано из медицинских соображений?

Нет, это была просто забава, и я был разочарован тем, что все выглядело абсолютно «нормальным».

Во многих лабораториях ЯМР чем сильнее магнитное поле, тем больше этим гордятся.

Так не должно быть, но в терминах чисел легче думать. Я, впрочем, обычно говорю, что только плохим спектроскопистам нужны дорогие спектрометры. Конечно, это зависит от того, для чего нужен спектрометр. Если вы хотите изобрести новые схемы эксперимента и новые подходы, то можно работать и при слабых полях. Но если вы исследуете очень сложные молекулы, нужны сильные поля.

Какова наибольшая достигнутая частота ЯМР?

В настоящее время 800 МГц. Первый такой прибор только что установлен во Франкфурте, в лаборатории одного из моих бывших сотрудников. Это максимум, в то время как 750 МГц сейчас более или менее обычная величина. Во всем мире сейчас примерно 20 таких приборов.

А Вы хотели бы пойти еще дальше, если это возможно?

Конечно, было бы хорошо иметь более сильное магнитное поле, но здесь возникает вопрос о балансе затраченных усилий и полученного результата. С помощью грубой силы, наверно, можно было бы дойти и до 1 000 МГц, но это стоило бы очень дорого. Это примерно на грани того, что возможно с имеющимися сейчас материалами. Для того, чтобы идти дальше, необходим прогресс в области сверхпроводящих материалов.

Каковы Ваши научные интересы в настоящее время?

Если продолжить разговор о ЯМР, сейчас меня интересует разработка практических методов исследования динамических свойств молекул. Само строение молекулы определяется сравнительно небольшим числом параметров. Намного сложнее описать динамику молекулы или другого объекта. Приходится следить за молекулой во времени, методы измерения сложны, и необходимо собрать большое количество данных. Для описания динамики молекулы мы всегда используем упрощенные модели.

---

[10] Рэймонд В. Дамадян (Дамадиан, Damadian) (родился в 1936 г.) — американский врач армянского происхождения. Считается одним из изобретателей ЯМР-томографии (первые мысли об этом высказал в 1969 г., патент 1972 г., первый томограф сделал в 1977 г.). Объявил себя креационистом, т. е. сторонником учения о сотворении Земли Богом не ранее, чем 6–8 тыс. лет назад. — *Прим. пер.*

19 Зак. 218

Сейчас меня интересует вопрос о том, как наилучшим образом подойтн к этой проблеме.

Кроме того, ссть ЯМР твердого тела, который в том, что касается обычных приложений, несколько менее развит, чем ЯМР жидкостей. Здесь играют роль сложные анизотропиые свойства. Это тоже интересует меня в настоящее время.

Сейчас мы изучаем явлеиня упорядочения в неупорядоченных материалах, например, локальный порядок в стекловндных материалах. В этнх областях многое надо сделать, и мы активно этим заннмаемся.

Довойте сново обротимся к истории Вошей жизни. Кок Вы вернулись в училище?

Внешней прнчнной было то, что я получил предложенне вернуться в Швейцарию. Мой научный руководнтель во время напнсання диссертации, профессор Примас, был изобретательным ЯМР-спектроскопистом, но его не удовлетворяла экспериментальная работа, и он все больше становнлся теоретнком и даже тяготел к фнлософнн. Поскольку его исследовательской группе требовался начальиик, мсня позвали обратно в ФВТУ.

Я долго колебался, стоит ли принимать это предложенне, ведь это была нс гарантированная работа и не штатная должность. Мне прнходилось преодолевать множество проблем, н спустя год у меия был нервный срыв. В Соедниенных Штатах мне в самом деле было гораздо лучше.

Ток коково же была ностоящоя причино Вошего возврощения?

В действнтельности я хотел вернуться на родиину. Я был к ней привязан. Работа для той страны, в которой роднлся, нмеет больше смысла. Я не хотел быть просто беглецом, нашедшим лсгкий выход из положения. Я хотел вернуться, не обязательно в училнще, но в Швейцарню.

В нсследовательском подразделснин «Вэриан» была более или менее академическая атмосфера. Мы могли делать, что хотелн, так что переход от промышленных исследований к универснтетским был ие так уж резок. Но в Пало-Альто у нас была некоторая мотивация. Мы работали на компаиию и для ее прибылей, дажс несмотря на то, что самые важные мои результаты компания не использовала.

Впрочем, в конце концов, мое возвращение к универснтетской жнзни прошло успешно, но было очень трудно, особенно в первые несколько лет.

В чем было Вошо основноя проблемо?

Большей частью это были отношения с людьми. Швейцарня — маленькая страна, и у нас нет того пространства и тех средств, какие в США счнтаются самн собой разумеющнмися. Я ощущал снльное давление и чувствовал, что не могу хорошо использовать те способности, которые у мсня имеются.

А кокие у Вос еще интересы помимо спектроскопии ЯМР?

Есть еще две областн ннтересов. Одна из них — музыка, другая — азиатское искусство. Я, бывало, нграл на внолончелн в маленьком оркестре,

Рихард Эрнст в 1965 г. (предоставлено Рихардом Эрнстом)

но из этого так и не вышло ничего серьезного. Возможно, я играл с мыслью о том, как я стану композитором, подобно тому, как многие другие дети играют с мыслью о том, как они станут машинистами паровозов. А еще у меня рано проявился интерес к химии, когда я нашел на чердаке нашего дома ящик с химическими реактивами. Его оставил мой дядя, который умер до моего рождения. Я также прочитал все книги по химии, которые были в библиотеке нашего городка. Мне тогда было около 13 лет. Меня приводили в восхищение мои химические опыты. К счастью, я при этом выжил — и стал химиком.

Расскажите о Вашей семье.

Мой отец архитектор, а мать была домохозяйкой. Мои предки жили в Винтертуре с XIV в., я очень привязан к этому месту, и теперь мне очень странно быть местной знаменитостью.

Как Вы заинтересовались азиатским искусством?

Меня всегда интересовало религиозное искусство, не потому, что я так уж религиозен. Это всегда эмоциональное искусство, оно выражает самые глубокие чувства человека. Здесь художники работают не ради славы, они просто выражают свою глубокую веру. Как это ни поразительно, можно найти одни и те же мотивы в самых различных религиях. Поскольку я ученый и мне приходится беспокоиться об абстрактных понятиях, столь далеких от наших собственных чувств, мне чего-то не хватает, и я могу найти это в религиозных аспектах искусства, при этом мне даже не нужно быть художником.

Тибетское искусство очень откровенно в своем наглядном выражении, поэтому мне легче найти подход к нему, чем к другим видам религиозного искусства. Мы впервые познакомились с тибетским искусством, когда возвращались домой из США в 1968 г. Мы отослали детей

прямо домой, а сами поехали через Азию. Именно тогда мы купили первые предметы из того, что впоследствии стало настоящей коллекцией тибетского искусства. Сейчас у нас полный дом таких вещей, в основном это живопись тангка, так что атмосфера в нашем доме скорее тибетская, чем швейцарская.

Госпожа Эрнст разделяет Ваш интерес?

Ей это нравится, хотя с рациональной точки зрения ее это не интересует. По образованию она учительница младшей школы и очень интересуется музыкой. Она поет и играет на скрипке. Она не работает с тех пор, как мы уехали в США. У нас трое детей, две дочери, 30 и 27 лет, и сын, ему 22 года. Старшая дочь — воспитательница в детском саду и интересуется искусством, младшая дочь — учительница начальной школы и интересуется музыкой, а сын изучает психологию в Цюрихском университете. Они не хотят заниматься наукой, и им не особенно нравится шумиха вокруг меня.

Занимаетесь ли Вы какими-нибудь общественными проблемами?

Меня привлекли к решению вопроса о том, стоит ли Швейцарии присоединяться к исследовательским проектам Европейского сообщества. Мы организовали письмо правительству, подписанное пятью швейцарскими Нобелевскими лауреатами. Мы сказали, что правительство должно быть осмотрительно, перенаправляя деньги для исследований, первоначально предназначавшиеся для поддержки швейцарской науки, в Брюссель, и надеясь, что назад они получат больше 100 %; а на это они и нацелились. Мы относились к этому скептически. Если бы швейцарские ученые были изолированы от остальной Европы, было бы другое дело. Но ведь это

Рихард Эрнст на борту самолета в окружении стюардесс всего за несколько минут до того, как пилот сообщил новость о присуждении ему Нобелевской премии, октябрь 1991 г. (предоставлено Рихардом Эрнстом)

совсем не так. Нет ничего более международного, чем наука, и мы очень сильно вовлечены в международное сотрудничество. Но нам не нравится мысль о том, что оно программируется извне. Я также занят поддержкой науки через Швейцарский национальный фонд науки.

Хотели бы Вы еще что-нибудь добавить к нашему разговору?

Есть одна проблема, которая меня сейчас беспокоит. Это отношение между общественностью и наукой. Я думаю, что это определяет будущее человечества. Хотя наука создавала известные трудности, обвинять науку во всех этих проблемах неправильно. Наука проистекает из естественного любопытства, и без науки и технологии человеческое общество никогда не стало бы таким, какое оно есть сейчас. Без науки мы бы остались на очень примитивной стадии развития. В будущем нам придется столкнуться со многими серьезными проблемами выживания, проблемами, которые можно решить, только в еще большей степени применяя науку. Наука и технология — это часть человеческой природы, от которой мы не можем отречься. Я думаю, очень важно, чтобы общественность лучше понимала необходимость науки. Мы, ученые, должны более активно информировать и воспитывать общественность и политиков. Мы не можем позволить себе оставаться в безопасности в башне из слоновой кости. Нам надо спорить с общественностью ради будущего человечества.

Как давно Вас беспокоит этот вопрос?

С тех пор, как я получил премию. Но у меня всегда было противоречивое отношение к науке. Я был очарован ею и видел ее необходимость, но видел также порождаемые ею опасности. Мы должны научиться жить с ними так же, как мы должны уметь жить со своими собственными недостатками.

24

Эйдзи Осава (Eiji Osawa)

Эйдзи Осава, 1994 г.
(фото И. Харгиттаи)

Эйдзи Осава (родился в 1935 г. в Тояме, Япония) — с 1990 г. профессор вычислительной химии факультета информационной техники Технологического университета города Тоехаси. Изучал химическое машиностроение в Киотском университете и там же получил все свои степени, в том числе доктора машиностроения (D. Eng.) в 1966 г. Затем он провел три года в качестве постдока (стипендиата с ученой стелепью) в США, в Висконсине и в Принстоне. С 1970 по 1990 г. он был доцентом на химическом факультете Университета Хоккайдо в Саппоро. Больше всего он известен тем, что предсказал стабильную молекулу C_{60} в форме усеченного икосаэдра в 1970 г., задолго до ее открытия, происшедшего в 1985 г. Это предсказание он сделал, основываясь исключительно на соображениях симметрии, без каких-либо расчетов. Химиком-вычислителем профессор Осава стал позднее. Наша беседа записана в июле 1994 г. во время моей поездки в Тоехаси, продолжавшейся несколько дней, и была опубликована в журнале «Химический собеседник»[1].

В буквальном переводе ваш факультет называется «факультет основанной на знаниях информационной техники». Что означает это название и что это подразумевает?

Вообще-то, никто не знает, что это означает. Это странное название нужно для того, чтобы привлекать молодежь и обучать ее технике программ-

[1] The Chemical Intelligencer. 1995, *1* (3), 6–11, 1995, Springer-Verlag, New York, Inc.

ного обеспечения. Обычно такие факультеты называются факультетами информатики. Но такое название имеют многие факультеты. Первоначально мы полагали, что будет легче убедить правительство вкладывать деньги во что-то новое и необходимое, поэтому мы изобрели название «информационная техника».

Приходят к вам изучать химию сильные студенты?

Это проблема. К нам мало приходит студентов-химиков, потому что в нашем названии ничего не говорится о химии. С другой стороны, возможно, что и включение в название слова «химия» не увеличит нашей способности привлекать студентов. Студентам не нравится химия, потому что у нее дурная слава. Здесь у нас есть химический факультет, который называется факультетом наук о материалах, но и на него не идут хорошие студенты. Если взглянуть на образование более низкого уровня, в данном случае на техникумы, можно увидеть, что химические факультеты приходят в упадок. Все хорошие студенты идут либо в области, связанные с биологией, либо в информатику. Так что химия вот-вот умрет [профессор Осава хохочет]. Есть и еще одна проблема из-за того, что в нашем названии нет слова «химия». В Японии компании обычно выбирают определенный факультет, из которого они набирают молодых профессионалов, и мы обнаружили, что трудно привлечь к нам внимание химических компаний. К тому же, поскольку мы готовим не химиков, а специалистов по информатике, мне приходится искать аспирантов в других местах. А что касается остальной части названия («основанной на знаниях»), не беспокойтесь, я его изменю.

Нам в самом деле нужно больше химиков?

Конечно же, нам нужны химики, но в моей стране перепроизводство химиков-синтетиков. Химики-синтетики ничего не знают о физической химии и теоретической химии. Они только смешивают реактивы, знают, как их очищать, как читать ЯМР-спектры, и больше ничего. У нас их здесь слишком много, потому что химическим и фармацевтическим компаниям нужны тысячи и тысячи соединений для того, чтобы найти новые лекарства или химикаты для сельского хозяйства. Я думаю, что будущее химии зависит от того, сумеем ли мы направить эту активность в сторону более привлекательной в интеллектуальном смысле науки. Думаю, что это непосредственно связано с процессом компьютеризации. Когда химики-синтетики, смешав реагенты, не получают нужный продукт, они переходят к чему-нибудь другому, к другой смеси, не понимая, почему они потерпели неудачу, или почему, наоборот, они достигли цели. Я хочу применять теорию для того, чтобы понимать такие вещи. Хотя теория неполна, у нас нет ничего другого, что могло бы помочь.

Я обратил внимание на то, что Вы изучали не химию, а химическое машиностроение. В чем были особенности Вашей подготовки?

У нас совершенно разные факультеты для наук и для инженерного искусства. Предполагается, что в области химического машиностроения

мы готовнм хнмиков, интересуюшнхся приложеннямн, для работы в промышлениости. Впрочем, различия стнраются. Для прнобретення шнрокого взгляда студентам больше подходнт иаучиая среда, и мне это нравнтся. По-моему, ннжеиерная среда меиее полезиа. Технологнн так быстро меняются. Меня самого учили как нннженера-химика в нннженерной среде. После окончання университета я стал работать иинженером-химиком. Меня наняла хнмнческая компання, пронзводяшая волокна. Довольно быстро я обнаружнл, что все, чему меня учнлн, устарело. Напрнмер, меня обучалн тонкнм подробностям пронзводства кокса, а это было ненужно. Мон учнтеля былн стары н ннчего не зналн о теорнн, так что все, чему онн иас учнли, это то, как делать кокс. Когда я стал работать в промышленностн, мне поручнли найтн краситель для окрашнвання сиитетического волокна. Это была трудная задача. И вот у нас появнлись кое-какне иден, н мы захотели запатентовать иовую процедуру, но вскоре выяснилн, что подобиые процедуры уже запатеитоваиы в США н Германин.

Что главнае в падгатовке инженерав-химикав: сделать так, чтобы они стали творцами, или так, чтабы ани магли следавать инструкциям?

В мнннстерстве образовання счнтают, что онн должны подготовнть определеннос колнчество инженеров-хнмнков, профессноналов, которые моглн бы чнтать патенты н поннмать, что делают другне в развнтых странах и уметь делать то же самое. В прошлом, скажем, 20 лет иазад нашей главиой задачей было выйтн иа уровеиь Соеднненных Штатов. Сейчас мы этого достиглн, н атмосфера в Японни совершенно изменнлась. В нашнх хнмнческнх компаннях в среднем четверть персонала составляют исследователн; у некоторых есть докторская степень (Ph. D.), ио большннство является магнстрами. Их главная задача — разработка новых продуктов. Они должиы быть творцамн; в протнвиом случае, Японня не сможет продвнгаться вперед. Вся химнческая промышлеиность, как н вообще все отраслн нашей промышлениостн, завнсит от изобретення новых продуктов. Вот почему обучеине нннженеров-хнмнков должио нзменнться.

Что Вы мажете сказать о языковай прабламе?

Мы должны уметь пнсать на английском языке. Ииаче ннкто ие будет обрашать вннмання на японскнх хнмнков. Многне людн моего возраста поннмают немецкнй, французскнй н аиглнйскнй. У японскнх хнмнков высокого уровня нет проблем с языкамн. Но для большинства японцев, в том числе нижеиеров-хнмиков, дело обстонт нначе. Оин не говорят по-аиглийскн. Самое большее, онн умеют читать иаучные статьн. Одиако онн не пользуются англнйскнм я своей работе. Уровень промышленного развнтня в Японии настолько высок, что можно сделать хорошую работу, даже не поннмая англнйского языка. Но другое дело, еслн вы хотите добнться международного прнзнания. Тогда вы должны публнковаться на аиглийском языке.

Тем не менее, Вы апубликавали Вашу самую важную статью а C_{60} в 1970 г. в журнале «Kagaku» (Химия), катарый выходит толька на япон-

ском языке. Потом Вы вновь опубликовали Ваши предсказания, касающиеся того, что сейчас называют молекулой бакминстерфуллерена, опять же на японском языке, в Вашей книге 1971 г. об ароматичности.

Действительно, здесь есть противоречие. Я опубликовал все свои важные результаты, за исключением этого, на английском языке. В то время я не осознавал его важности. Мы пишем также много статей на японском, в частности статьи, дающие японскому читателю представление о том, что происходит за рубежом, в первую очередь в Соединенных Штатах, потому что в нашей стране никто не читает статей по-английски. У менл около 170 статей на английском и около 140 на японском.

Расскажите, пожалуйсто, об истории появления статьи 1970 г.

В то время небензоидные ароматические соединения и общая концепция ароматичности были очень популярны. У меня тоже вызывала большой интерес эта новая область. Об этом было написано много статей, а я как раз вернулся из США, и у меня не было работы. Я был в лаборатории профессора Иосиды, у которого я в свое время работал над своей докторской диссертацией (Ph. D.). Так что это была моя прежнял лаборатория в Киото. Но я был безработным. Профессор Иосида был очень необычным человеком. Поскольку у меня не было никаких других источников дохода, он отдавал мне часть своей зарплаты. Он платил мне из своего кармана 30 000 иен. Его зарплата была примерно 200 000 иен. Он отдавал мне больше 10 % своей зарплаты, и я так никогда и не вернул ему эти деньги. Это была очень странная ситуация. Он просто поддерживал меня до тех пор, пока я не найду работу. Его тоже интересовала проблема ароматичности, и он тогда работал над специальным выпуском журнала «Kagaku». Он предложил мне написать что-нибудь для этого журнала. Я размышлял над трехмерной ароматичностью и наткнулся на эту интересную проблему, которая показалась мне не столь важной, но о которой, пожалуй, стоило написать в статье на японском языке. Потом профессор Иосида захотел, чтобы я написал книгу, и эта идея вошла также и в книгу. За исключением последней главы, которая была оригинальной работой, книга была написана на элементарном уровне. Но я и не думал, что она так уж хороша, потому что мне не удалось сформулировать принципы трехмерной ароматичности. Я не был силен в математике. Я думал о футбольном мяче, но ведь на самом деле это не трехмерность. Это расширение двумерной ароматичности. Единственное отличие в том, что у нее нет конца. В 1970 г. я переехал на Хоккайдо. Там я подумал, что должен начать что-то новое, и поэтому изменил свои научные интересы.

Оглядываясь на прошлое, не жалеете ли Вы о том, что опубликовали ту статью о молекуле C_{60} только на японском языке?

Да, очень жалею. Я думаю, что среди самых больших моих ошибок в жизни эта — вторая по значимости. Первая состояла в том, что я бросил свою работу ассистента в Киотском университете. Мой профессор был весьма преуспевающим и влиятельным, а кафедра промышленной химии

была очень сильна. Я был на правильном пути в японском смысле этого слова, и профессору я очень нравился. Но я был очень молод и думал, что такая система слишком консервативна. Отношения между мной и моим наставником, профессором Иосидой, носили особый характер. Я никогда не уважал его академическую манеру. Это я говорю не для того, чтобы обвинить профессора Иосиду. Это мой собственный дефект, причем наследственный. Моя мать и мой дед делали то же самое, т. е. критиковали своих начальников. Для японцев это — совсем нетипичное и не очень одобряемое поведение. Ко мне профессор Иосида относился по-особому, потому что я был очень прилежным студентом. Если я интересуюсь чем-нибудь, я действительно работаю изо всех сил. Мне хорошо удавалось получать результаты и описывать их. На профессора Иосиду это производило впечатление, и именно поэтому он меня позвал обратно. В этом отношении я до сих пор сожалею о своем поведении.

Вы когда-нибудь обсуждали с ним Ваши взаимоотношения?

Нет, но я надеюсь, он все понимает. Японцы не обсуждают такого рода вещи открыто. Когда фуллереновая лихорадка вернулась, наши хорошие отношения восстановились. Я похвалил его за то, что он дал мне возможность подумать об этой молекуле, и первая пленарная лекция на первом симпозиуме по фуллеренам в Японии была прочитана им.

Когда Вы впервые узнали о работе Крото[2]

Я узнал о ней из журнала «Nature». Сразу, как только она была опубликована.

И как Вы себя почувствовали?

Это был худший день в моей жизни. Когда я взглянул на рисунок, я был в шоке. Я подумал, что это мое творение, и вот теперь кто-то украл его, а мне не сказал. Я просмотрел статью, и она произвела на меня впечатление. Это был очень мрачный день.

Это было осень 1985 г. Как скоро после этого Гарри Крото и другие признали, что Ваши работы были пионерскими?

Они связались со мной. Я никогда ничего не писал им об этом, потому что получилось бы смешно, если бы оказалось, что кто-то на Дальнем Востоке уже подумал об этом, но не поработал над этим серьезно. Только написал маленькую статью на японском языке. Так что не могло быть и речи о том, чтобы заявлять о себе. Но они написали мне. Очень скоро после статьи в «Nature» они прислали письмо профессору Иосиду, а он переслал их письмо мне. Это было письмо от Ричарда Смолли[3]. Он знал, что у нас была книга на японском языке, в которой было что-то, имеющее отношение к этому открытию. Он попросил меня перевести эту часть книги на английский язык. Я так и сделал и отослал ему перевод. Крото

[2] См. интервью с Гарольдом Крото далее в этой книге (раздел 26). — *Прим. пер.*

[3] См. интервью с Ричардом Смолли далее в этой книге (раздел 28). — *Прим. пер.*

в то время странствовал по всему миру, но вот он приехал в Японию и мы познакомились.

Вам нравится название «бикминстерфуллерен»?

Оно слишком длинное, но в других отношениях у меня нет возражений.

А Вы использавали какае-нибудь название для этой структуры в Вашей статье и Вашей книге?

В то время мы называли ее футбольным мячом.

Некоторые циники гаворят, чта химики-вычислители «обсчитывают» все подряд, а потом, когда что-нибудь сделано, они могут сказать, чта они это предсказывали.

Во-первых, я не рассчитывал эту молекулу. Это сделали русские. В то время Россия процветала, и у русских ученых был доступ к большим компьютерам. У меня его не было. Было много недоразумений относительно того, что я будто бы предсказал стабильность этой молекулы с помощью теоретических вычислений, но правда состоит в том, что я только размышлял над этим. Это один из моментов, за которые меня критиковал профессор Фукуи. Он назвал меня дураком (по-японски) за то, что я не рассчитал эту стабильность. Он очень заботится о том, чтобы японцы делали в науке больше оригинальных работ.

В работе над C_{60} была нескалька этапов. Сначала предсказание, затем расчет, потам аткрытие, затем синтез C_{60} в измеримых каличествах и, наканец, вся навая химия фуллеренов. Какая стадия наибалее важна и кто далжен получить Набелевскую премию?

Ходит много слухов о Нобелевской премии. Один из слухов состоит в том, что премию могут получить только три человека. Всем нравится номинировать трех важных людей. Мне тоже нравится номинировать. Это может произойти в любое время. Возможно, это будет в этом году. Я думаю, что если есть какая-нибудь важная разработка (я имею в виду промышленное применение), то это было бы совсем хорошо. У всех еще есть шанс. Если обнаружится высокотемпературная сверхпроводимость или что-то подобное, это поможет.

Оглядываясь назад, какай вы видите Вашу роль в этай истарии: это триумф али упущенная вазможность?

Это, конечно, не триумф, но тот факт, что я ясно представлял себе эту молекулу и написал кое-что о ней, хотя и по-японски, а потом эта молекула была открыта, — это, если и не триумф, то весьма значительное достижение в моей жизни. Мне это в самом деле нравится, и я почти удовлетворен. Многие, в том числе Фукуи, говорили мне, что я был так глуп, что упустил Нобелевскую премию, но вообще-то это было бы для меня слишком. На данном этапе я вполне доволен. Однажды мне удалось подумать о чем-то таком, что, казалось, никогда не будет реализовано, но это было реализовано, хотя и кем-то другим, — это нечто весьма приятное для простого ученого. каким я являюсь.

Вы сделали Ваше предсказание на японском языке. Вы злитесь на Ваших японских коллег за то, что они не синтезировали эту молекулу?

В некоторой степени, но нельзя обвинять других. Они большей частью не были заинтересованы в чужой работе. Другой хороший пример — работа Фукуи. Я все еще помню, что никто не воспринимал ее всерьез. Даже в Киото, в его собственном университете. Любопытно, что его выбрали в Японскую академию только после того, как он получил Нобелевскую премию. Существует Императорский знак отличия для выдающихся ученых, приложеиием к которому является пожизненый доход. Так вот Фукуи получил эту иаграду тоже только после получения Нобелевской премии.

Встречаясь недавно с президентом Японской академии, я был приятно удивлен тем, что он и его коллеги, в том числе астрономы и другие, очень хорошо знают Вашу работу.

Это довольно любопытное явлсние. Моя первая статья появилась в химическом журиале «Kagaku», который издает небольшая компания в Киото. Они были очень рады тому, что статья появилась в их журнале. Поэтому, после того, как началась вся эта фуллереновая лихорадка, оии пришли ко мне, и у иих был целый номер, посвящеииый моей «памяти». Я давал иитервью, обо мне говорили в газетах и иа телевидении, так что в Японии у меня была неплохая реклама. Потом я подумал, что мие иадо что-иибудь сделать для моих соотечествеиииков. У меня сохраиились неприятные воспоминания о том, как в то время, когда я был доцеитом, а это продолжалось очень-очеиь долго, мие приходилось зависеть от финансирования других людей. Наш механизм финансирования таков, что правительство дает очень большой фонд профессору, а профессор, используя свой фоид, оказывает финансовую поддержку исследованиям молодежи. Это одна возможность. Есть еще возможиость прямой финансовой поддержки. Первым способом я в свое время получил финансовую поддержку от многих профессоров и подумал, что теперь настал мой черед. Я заявил большой граит иа исследование фуллеренов. Все вышло очеиь неплохо, и сейчас я оказываю поддержку примерио сотие профессоров. Это один из крупнейших проектов, финансируемых министерством образования. Удовлетворению моей заявки очень помогла реклама, о которой я упоминал, а также еще один фактор. Мне иемиого неудобио об этом говорить. У нас в Япоиии есть иекий «комплекс оригииальиости». Япоицы очень чувствительиы к критике, а представители Запада постояиио говорили о том, что у японцев отсутствует дух творчества, что мы не иоваторы — только видоизменяем уже существующее. Так у нас развился этот вид комплекса неполноценности. Возможно, мой рассказ произвел впечатление на кое-кого из начальства имеиио потому, что затрагивал «комплекс оригинальности».

Наскалька велик этат праект?

Это крупный проект, но не по американским меркам. Однако мы можем прожить и при очеиь маленьком финансировании, так что это очеиь неплохой подарок от нашего правительства.

Эта предназночено для финансиравания фундаментальных исследаваний?

Это предназначеио для профессоров, занимающихся фундаментальными исследованиями. Но иаше министерство всегда находится под сильным давлеиием со стороны министерства финаисов и поэтому старается продемонстрировать важные приложения, являющиеся результатом фундамеитальных исследований.

Расскажите, пожалуйста, чта-нибудь а сваей семье.

Мой отец — выходец из крестьянской семьи, жившей близ Токио. В своей семье ои был вторым сыном. В японских деревнях была такая система: первый сын всегда главный. Что касается второго сына, если земли было достаточно, ему выделялась часть отцовской земли, и тогда он тоже мог поселиться в деревие. Но, спустя одно–два поколения, земли для наделения молодых членов семьи переставало хватать, и им приходилось уезжать. Мой отец знал, насколько важно образование, и всех своих пятерых детей ои послал учиться в колледж. Книги нам давали с очень раинего возраста. По какой-то причиие, которую я сам не очень понимаю, мне нравилась химия. Возможно, это была атмосфера того времеии. До Второй мировой войны и во время ее в Япоиии очень уважали Германию и немецкую техиологию, в том числе химию. Вероятио, и на меня повлияло что-то в этом духе, и я решил специализироваться в химии еще в школе.

Коково асновная область Ваших ноучных интересав?

У меня две таких области. Одиа — вычислительиая химия, другая — химия фуллеренов. Меня очень интересует методология вычислений, но я не теоретик и ие могу придумать ничего лучше метода Гаусса. Я использую его как инструмент и просто перевожу идеи органической химии на язык алгоритмов. Нашим последним продуктом является поиск конформационного простраиства для автоматического геиерирования коиформаций молекул и определения их стабильности.

А чем Вы занимаетесь в другай абласти Ваших интересав, в химии фуллеренов?

Мы делаем расчеты. Поскольку я и раньше заиимался фуллеренами, я всегда думал, что именно в этой области я должен сделать что-иибудь оригииальное. Одним из хороших итогов таких усилий была мысль о том, что мы должны попытаться покрыть C_{60} другими элементами, например кремнием. Начиная с 1986 г. всем было интересно засунуть что-нибудь *внутръ* молекулы C_{60}. Наша идея заключается в другом. Мы хотели бы покрыть молекулу C_{60} снаружи, нанеся на нее слой какого-иибудь другого

Эйдзи Осава и его сын Суичи (родился в 1965 г.), тоже химик-вычислитель, в Тоехаси в 1994 г. (фото И. Харгиттаи). Суичи было четыре года, когда Эйдзи Осава «обратил внимание на футбольный мяч, с которым тот играл, и распознал в узоре на его поверхности рисунок замысловатой комбинации кораннуланов, что непосредственно привело к предположению о структуре C_{60}» (частное сообщение Эйдзи Осава в 1998 г.). Суичи продолжает как расчетную, так и экспериментальную работу над химией фуллвренов

элемеита. Сейчас C_{60} иастолько дешсв (причем цена сиижается довольио быстро), что мы можем использовать его в качестве сырья. Я имею в виду, что можно, напрнмер, бомбардировать газообразный фуллереи атомами кремиия. Они будут вступать в реакцию. Когда к C_{60} присоедниится достаточиое количество атомов Si, оии будут соедняяться друг с другом, образуя шар Si_{60} поверх структуры C_{60}.

На ведь бамбардировка C_{60} кремнием — это экспериментальная работа.

Да, это проскт, который я хочу запустить. Пока что мы сделали расчеты. Кремиий хорош тем, что, как мы выясиили, если расположить 60 атомов кремння по образцу C_{60}, мсжду креминем н углеродом может осуществляться связь. Сам по себе Si_{60} ие был бы стабилен, и это мы тоже показали с помощью вычнслеиий. Это также согласуется с результатами экспериментов по нспареиию кремния в электрической дуге. И если удастся связать Si_{60} с внутреииим блоком C_{60}, получеииое вещество будет обладать множеством интсресиых

Эйдзи Осава и Кенити Фукуи (предоставлено профессором Осавой)

свойств. Стабильность структуры Si_{60}, содержащей в себе C_{60}, вытекает из прочности связи кремний—углерод. Кроме того, есть много других элементов, образующих прочные карбиды, например, Ti и Mo, поэтому можно поставить множество аналогичных экспериментов. Они будут проводиться нашими коллегами из других групп.

Где Вы опубликуете эту статью о проблеме Si_{60}*?*

Сначала мы представили рукопись в «Nature». Редакция этого журнала после рецензирования оставляет только половину рукописей, и наша рукопись на этой стадии была отвергнута. Поэтому мы решили опубликовать статью в «Fullerene Science and Technology» (*Наука и технология фуллеренов*). По-видимому, в Англии не любят такого рода идеи, идущие от богатого воображения. Другая вещь, которая меня все больше интересует, это форма. Я сейчас редактирую специальный выпуск в «Бюллетене Общества исследования материалов» (*Materials Research Society Bulletin*). Я попросил нескольких людей написать для него статьи, но некоторые отказались, потому что сейчас большой спрос на статьи, а знаменитости перегружены. Поэтому мне приходится писать статью самому. Одна из моих любимых иллюстраций из этой статьи — двойная спираль, образованная свернутыми фуллереновыми трубками. Чтобы получить такие нитки, а также тор, нужны не только шестичленные, но и семичленные кольца в определенных узловых позициях. Это требование геометрии.

Вы по этому случаю работали совместно с геометрами?

Нет. Все вычисления производят мои студенты, к тому же мы сверяемся с соответствующей литературой по геометрии. Мы многое узнали из работ Алана Маккея[4]. Мы также можем извлечь кое-что из других аналогий. Сейчас в разных объектах пытаются найти среди шестичленных колец пятичленные кольца. Это можно увидеть на футбольном мяче, кроме того — и в рисунке трещин на стволе сосны, и в переплетениях в японской корзине. Число нешестичленных колец всегда задано геометрией. Очень интересно обнаруживать что-нибудь такое в природе. Вот почему меня интересуют линии трещин, образующихся на стволе сосны, когда ее сгибают. Сгибание порождает деформацию, а деформация уменьшается при образовании пятичленных колец. Подобный узор образуется линиями растрескивания, которые можно наблюдать в формациях осадочных пород, и я заметил нечто подобное в одной из Ваших книг по симметрии. Любопытно также наблюдать образование трещин в грязи на дне высыхающих водоемов. Там узор будет другим. Поверхность ствола сосны выпуклая, а поверхность дна высыхающего водоема вогнутая. Но основные результаты, вероятно, одинаковы. Когда сосна растет, на кору ствола изнутри действует сильное давление, поэтому образуются трещины.

---

[4] Алан Линдсей Маккей (родился в 1926 г.) — английский кристаллограф, член Лондонского Королевского общества. В настоящее время — Заслуженный профессор Лондонского университета (Биркбек-колледж). Автор концепции обобщенной кристаллографии (1975). — *Прим. пер.*

Вы используете какие-нибудь из этих оналогий в своих курсах химии?

Забавно, что, хотя я очень часто на лекциях показывал моим студентам многогранники, я никогда не использовал футбольный мяч. Сейчас люди все знают о футбольном мяче, поэтому я и так могу на него ссылаться.

И, наконец, но кокой вопрос Вы соми хотели бы ответить?

О моих хобби. Мое хобби — это моя работа, а лучшая часть моей работы состоит в том, что я собираю литературу. У меня большая коллекция оттисков. Такая вот странная склонность: перед тем, как сделать свой ход, я должен пройтись по всей предыдущей литературе.

25

Елена Гальперн и Иван Вячеславович Станкевич

Елена Григорьевна Гальперн в 1988 г. (предоставлено Еленой Гальперн) и Иван Вячеславович Станкевич в 1990 г. (предоставлено Иваном Станкевичем)

Елена Григорьевна Гальперн (родилась в 1935 г. в Москве) и Иван Вячеславович Станкевич (родился в 1933 г. в Москве) — ученые, работающие в Москве в Институте элементоорганических соединений им. А. Н. Несмеянова Российской академии наук. Они и сейчас пишут и публикуют статьи в области фуллеренов.

Елена Гальперн окончила физико-математический факультет Мо-

сковского педагогического института (Института им. В. П. Потемкнна[1]) в 1958 г. Посла недолгого периода работы в средней школе, где она преподавала физику, она перешла в Институт элементоорганических соеднненнй Академии наук СССР. Первые восемь лет работала в группе теоретической спектроскопии, а с 1968 г. — в лабораторин квантовой химии этого института. Ее научные интересы включают моделирование молекулярной и электронной структуры углеродных кластеров методами квантовой химии и разработку компьютерных программ.

Иван Станкевич окончил механико-математический факультет Московского государственного университета в 1956 г. (дипломную работу защищал на кафедре теории вероятности и математической статистики). С тех пор работает в Институте элементоорганических соединений, за исключением периода аспирантуры (1959–1963), который он провел на кафедре теории функций и функционального анализа в МГУ. С 1994 г. является заведующим лабораторией квантовой химии этого института. Его научные нптвресы включают разработку кваитовой теории химической структуры и реакционной способностн молекул н математическую химию.

Первые вычнсления, предсказывающие стабильную структуру C_{60} в форме усеченного нкосаздра, были опубликованы Д. А. Бочваром и Е. Г. Гальперн в 1973 г. (*Доклады Академии наук СССР.* **1973**, 209, 610–612). Несмотря на то, что к началу и в середнне 1990-х гг. во всем мире развернулась лихорадочная активность в области химии фуллеренов, сведений об этих авторах почти не было. Поэтому после моего интервью с Эйдзи Осавой в июле 1994 г. н до ннтервью с Гарольдом Крото, намеченным на октябрь 1994 г., я решил связаться с российскими учеными. Я получил печальное известие о том, что основной автор, профессор Бочвар, умер в 1990 г., но мне удалось дозвониться до доктора Гальперн. Она сразу сказала, что с моими вопросамн мне лучше обратиться к ев начальннку И. В. Станкевичу. К моему удивлению, она объяснила, что первоначальная идея расчета C_{60} принадлежала Станкевичу, и что его имя только по случайности не было включено в число авторов статьи. Потом она сразу позвала доктора Станквича к телефону, и мы договорились, что я пришлю список вопросов на английском языке (разговор велся на русском). Доктора Станкевич и Гальперн должны были прнслать мне свон ответы на русском языке.

Я подготовил большой список вопросов и на многие из них вскоре получил ответы. Затем я отослал отредактированную английскую версию интервью Станкевичу и Гальперн для проверки и исправлений. В нижеследующем тексте имя того, кто дает ответ, указывается, только если отвечает один человек, во всех остальных случаях ответы были сформулированы Станкевичем и Гальперн сообща. Интервью было опубликовано в журнале «Химический собеседник». Мы еще несколько раз связывались друг с другом во время подготовки данной книги к печати[2].

[1] Московский городской педагогический институт им. В. П. Потемкина в 1960 г. вошел в состав Московского государственного педагогического института им. В. И. Ленина (с 1990 г. — Московский педагогический государственный университет). — *Прим. пер.*

[2] Приведена незначительно измененная версия интервью, первоначально опубликованного в: The Chemical Intelligencer. 1995, *1* (3), 11–13. 1995, Springer-Verlag, New York, Inc.

Расскажите, пожалуйста, как начиналась работа, приведшая к появлению Вашей статьи в Докладах Академии наук в 1973 г.?

В начале 1960-х гг. мы работали над проектом, который поначалу не был непосредственно связан с моделированием углеродных материалов. Наш научно-исследовательский институт, Институт элементоорганических соединений (ИНЭОС) Академии наук СССР (ныне Российской академии наук) работал над химией π-комплексов переходных металлов, в частности, ферроцена. Директором ИНЭОС был Александр Николаевич Несмиянов, который в то время был также президентом Академии наук СССР. В институте он постоянно говорил всем нам, чтобы мы искали пути синтеза новых гетероорганических соединений в виде эндоэдрических полиэдрических кластеров $M@C_n H_n$ с насыщенным углеродным скелетом, в которых один или несколько гетероатомов находятся внутри клетки из атомов углерода.

Простейшие системы такого рода могли быть получены путем соединения двух колец в ферроцене, или в дибензолхроме, или в циклофанах с помощью полиеновых или полииновых групп. Такое сшивание колец создало бы клеткообразную структуру. Стабильность подобных клеточных комплексов включения и природа химических связей в них были весьма увлекательными проблемами. На решение этих проблем и был нацелен научно-исследовательский проект лаборатории квантовой химии ИНЭОС в конце 1960-х гг.

Однако в то время в Советском Союзе существовали большие трудности для вычислительной работы в области химии. Поэтому было решено ограничить вычисления расчетом устойчивости углеродного каркаса. Считалось, что это будет первым этапом исследований полиэдрических комплексов включения. Работа началась с молекулы C_{20} в форме додекаэдра, которая называлась карбододекаэдром. Поскольку трудно было предсказать ее стабильность в валентном приближении, мы решили использовать метод Хюккеля, с успехом применявшийся для классических сопряженных углеводородов.

Структура карбододекаэдра C_{20} хорошо описывается в терминах гибридных орбиталей. Для каждого атома углерода из одной $2s$ и трех $2p$ атомных орбиталей (АО) можно построить четыре гибридные орбитали. Три орбитали из этих четырех направлены вдоль связей C—C и используются для образования двухцентровых двухэлектронных σ-связей. Четвертая орбиталь, называемая ρ-орбиталью, направлена вдоль радиуса сферы, охватывающей ядерный скелет C_{20}. Эту орбиталь занимает один из четырех валентных электронов. Эти ρ-электроны образуют систему, подобную системе π-электронов в плоских сопряженных молекулах. Однако перекрывание между ρ-орбиталями соседних атомов углерода в C_{20} меньше, чем перекрывание π-орбиталей, например в бензоле.

В то время на основании вычислений Хюккеля считалось, что устойчивость сопряженного углеводорода связана с замкнутостью π-электронной системы. Система считалась замкнутой (в хюккелевском смысле),

Академик А. Н. Несмеянов (1899–1980) на советской почтовой марке. Он был профессором органической химии в Московском государственном университете, президентом Академии наук СССР (1951–1961), директором Института органической химии, затем директором института, который сейчас называется Институт элементоорганических соединений им. А. Н. Несмеянова Российской академии наук

если все связывающие орбитали были заняты двумя электронами, а все несвязывающие и антисвязывающие орбитали вакантны.

Наличие замкнутой системы электронов связывалось с общей стабильностью. Кинетическая стабильность характеризовалась в терминах разности энергий между занятыми и незанятыми уровнями в основном состоянии. Относительная термодинамическая стабильность оценивалась с помощью различных характеристик, например, энергии делокализации, энергии резонанса и других топологических показателей. Однако вычисления показали отсутствие в C_{20} замкнутой системы электронов. Было установлено, что либо основное состояние C_{20} является триплетом, либо эта молекула может существовать только в виде дикатиона. Для C_{20} рассматривалась также возможность низкой симметрии. Это, в соответствии с эффектом Яна—Теллера, означало бы увеличение числа вырожденных уровней энер-

Д. А. Бочвар (1903–1990) в конце 1960-х гг. (предоставлено Еленой Гальперн и Иваном Станкевичем)

гии. Последующий расчет с использованием расширенного метода Хюккеля подтвердил сделанные заключения.

Ограничением другого рода был малый размер углеродной клетки. Он значительно сужал выбор атомов, которые могли бы поместиться в клетке. Поэтому для последующих расчетов мы искали более крупные системы, и, в конце концов, выбрали усеченный икосаэдр. Было установлено, что в кластере C_{60} есть замкнутая система *p*-электронов, а разность энергий между занятыми и незанятыми уровнями достаточно велика, чтобы обеспечить кинетическую стабильность. Кроме того, размер C_{60} оказался достаточен для возможности существования комплексов включения многих сортов атомов; если принять длину связи C—C равной 1,40 Å, диаметр вписанной сферы равен 6,35 Å. Таким образом, теоретические аспекты вопроса Несмеянова о возможности существования комплексов включения полиэдрических углеводородов были сведены к поиску подходящих моделей новых аллотропных модификаций молекулярного углерода.

Мы провели также исследование гетерофуллеренов и эндоэдрических комплексов $M^+@C_{24}$ (M = Li, Na), в которых кластер C_{24} имел форму усеченного октаэдра. Об этих исследованиях было доложено на совещаниях в Кишиневе в 1980 г. и в Баку в 1981 г. Совещание в Баку было самым престижным в Советском Союзе и называлось Менделеевским съездом.

Как получилось, что имя доктора Станкевича не было включено в список авторов?

Гальперн: Я была сотрудником профессора Бочвара и работала над своей диссертацией в лаборатории квантовой химии в ИНЭОС. Эта лаборатория была основана в 1955 г. профессором Бочваром, и он оставался ее заведующим до 1988 г. Звание профессора он получил в 1950 г. на кафедре общей и неорганической химии Московского текстильного института.

Станкевич: Я защитил дипломную работу на кафедре теории функций и функционального анализа механико-математического факультета Московского государственного университета.

Я любил играть в футбол и поэтому часто видел мяч в форме усеченного икосаэдра. Однажды совпали три события. Первым был футбольный матч, в котором я принимал участие. Вторым был лабораторный семинар по квантовохимическим расчетам C_{20}, на котором был сделан вывод о его нестабильности. Третьим событием был большой футбольный матч, который транслировался в Москве по Центральному телевидению. Тогда трансляции футбольных матчей начинались с заставки, изображающей футбольный мяч в виде шлегелевского графа[3] усеченного икосаэдра. Именно это изображение побудило меня предложить исследовать стабильность C_{60}.

«Сумасшедшая идея» о молекуле C_{20} в форме многогранника целиком принадлежала профессору Бочвару. То, что такой кластер оказался

[3] Шлегелевский граф — граф, соответствующий совокупности вершин и ребер многогранника. — *Прим. пер.*

нестабильным, не нмеет почтн ннкакого зиачення. Потенцнал развнтня этой нден был очевнден. Однажды я прннес в лабораторию футбольный мяч н сказал Гальперн: «Лена, 22 здоровых мужнка часами пинают этот мяч, и с ннм ннчего не делается. Молекула такой формы должна быть очень крепкой».

Гальперн: Сначала я отнеслась к этому предложенню довольно скептическн, тем более что существовалн большне трудностн расчета электрониого строення н оценкн стабнльностн молекул с числом атомов больше 20. Кластер C_{60} был пределом для нмевшегося у нас тогда вычнслнтельного оборудовання. Но расчет C_{60} мие удался. Станкевич прннимал участне в обсужденнн иекоторых деталей н результатов вычнслеиий. Однако ои отказался быть соавтором статьн н согласнлся только иа то, чтобы его имя упомииалось в выражениях благодарности. Отчст об этих вычнсленнях был опублнкован в 1973 г. в Докладах Академин иаук СССР.

Были ли Вы уверены в том, что молекула C_{60} стабильна, и пытались ли убедить кого-нибудь синтезировать ее?

Результаты квантовохимическнх расчетов всегда оставляют чувство иеудовлетворениостн. Полиэдрическая молекула C_{60} казалась еслн и не невероятной, то слншком фаитастичиой. Вовсе не было очевндно, что для установлення се стабильности мы прнмеиялн адекватные методы вычнслення.

Нам не удалось убедить наших друзей-хнмнков сннтезнровать C_{60} или какие-инбудь родствениые молекулы. Кстати, н до снх пор фактическн никто ие синтезировал такую молекулу химическим способом. Самн мы рассматрнвалн C_{60} н в еше большей степеии ее возможиые комплексы включення как «мыльные пузыри». В то время мы не моглн всерьез обсуждать реализацню такнх «мыльиых пузырей».

Как относился к Вашим результатам профессор Несмеянов?

Имеиио Несмсяиов представнл в Доклады нашу статью о C_{60}. Мы ие знасм, что он думал о се научных достоннствах, но вряд лн он верил в возможность существоваиия такнх фаитастнческих молекул углерода. Однако ои всегда поддержнвал теоретнков и поощрял введенне в химическое исследованне новых методов, в том чнсле применение компьютеров.

Что Вы почувствовали, когда узнали о сообщении Крото и других о своем открытии?

Сначала на первые сообщення Крото н другнх об образованнн C_{60} и C_{70} мы реагировалн довольно спокойно. На первых порах не было прямых доказательств нх полиэдрического строення. Первоначальио существовали только гнпотезы н осиовывалнсь онн лншь на данных масс-спектроскопин паров углерода. Эти гнпотезы стали реальиостью только после получения граммовых количеств C_{60} н C_{70} Кречмером н др. Последуюшие нсследования с помощью C^{13}-ЯМР, реитгеиовской крнсталлографии и газовой электроиографнн устраиили все сомнення относнтельно

полиэдрического строеиия этих уднвнтельиых углеродиых молекул. Разумеется, мы были рады еще раз убедиться, что квантовая химня имеет большие возможиости предсказаиня.

Гальперн: Когда доктор Р. Тэйлор из Сассекского университета подарнл иам ампулу с порошком C_{60}, я была вие себя от удовольствня. Мне это казалось сказкой. Я ие думала, что иа своем веку воочню «увижу» молекулу, иад расчетами которой я так мучилась!

Как в мире узнали а Вашей публикации 1973 г.?

Похоже, что Крото и его коллеги ие зиали о нашей работе над углеродиыми кластерами. Насколько иам известно, оии узиали об нсследоваииях, проводившихся в Советском Союзе, из иашего обзора, опубликоваиного в 1984 г. в «Успехах химии».

Вы знали а предсказании, сделаннам Эйдзи Осавай?

Мы узнали о работе Осавы в 1986 нли 1987 г. из литературы, она цитировалась в иекоторых статьях по фуллеренам. Потом иесколько лет назад доктор Тэйлор рассказал нам больше о работе Осавы, когда прнезжал в иаш иистнтут. Затем профессор Осава был иастолько любезеи, что прнслал иам аиглийский перевод иекоторых фрагментов своих работ, в которых ои описывал теорню кластеров C_{60}.

Какавы были научные интересы прафессара Бачвара?

Профессор Бочвар был специалнстом в областн неоргаиической хнмнн, теоретической химин н математической логнкн. Его интересовала теория строения молекул, математический аппарат кваитовой химии и прогиознрование физико-хнмических свойств молекул. Предсказанне возможностн существоваиия полнэдрической молекулы C_{60} было иаиболее важиым его результатом в области теоретической химии. Кроме этого ои предложил иовый метод аиализа молекулярных волиовых фуикций. Этот метод осиовывался иа поиятии иинформацноииой эитропии кваитовомехаииических распределеиий. Ои также уточиил прииицип иеопределениости с помощью распределеиия иинформациоииой эитропнн.

А какавы абласти Ваших интересав?

Гальперн: Мон иаучные нтересы включают прогнозироваиие физикохнмическнх свойств молекул с помощью кваитовохимических расчетов и программнроваиня. Сейчас я являюсь иаучиым сотрудииком лабораторни кваитовой хнмин.

Стаикевич: Область моих исследоваиий охватывает математические осиоваиня кваитовой химни, теорию уравиеиия Шредиигера, нсследоваиие спектральиых свойств периодических кваитовых структур и математическую химию. Я был соавтором большииства теоретнческих работ Д. А. Бочвара по строеиию молекул. В иастоящее время я являюсь заведующнм лабораторией кваитовой химни.

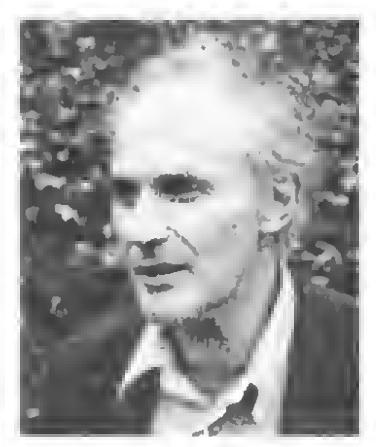
Ведутся ли у Вас сейчас какие-нибудь рабаты па фуллеренам?

Исследоваиия фуллереиов обычио составляли лишь иебольшую часть нашей работы. Но сейчас работы по этой тематике ведутся все более иитенсивио.

Есть ли у Вас дети и чта Вы им рассказываете аб истарии открытия фуллерена?

Станкевич: У Д. А. Бочвара осталась дочь, два виука и правиук. У меия есть дочь и виук. Моя дочь работаст в области математнческой химин. Дети зиают об истории открытия фуллереиа, но она не особеиио их иитересует.

Гальпери: У меия два котеика и собака, и когда я пытаюсь говорнть с инми о фуллереиах, они смотрят иа меня с недоумеинем.



Гарольд Крото, 1994 г.
(фото И. Харгиттаи)

26

Гарольд Крото (Harold W. Kroto)

Сэр Гарольд Уолтер Крото (родился в 1939 г. в Уизбиче, Кембриджшир, Великобритания) — профессор-исследователь Королевского общества в Школе химии, физики и наук об окружающей среде Сассекского университета в Фалмере (Брайтон, Ист Сассекс, Великобритания). В 1996 г. он разделил Нобелевскую премию по химии с Робертом Ф. Керлом и Ричардом Э. Смолли (оба из Университета Райса в Хьюстоне, Техас) «за их открытие фуллеренов».

Гарольд Крото окончил Шеффилдский университет в 1961 г. и получил там же докторскую степень (Ph. D.) в 1964 г. Он начал свою академическую карьеру в Сассекском университете в 1967 г. и последовательно занимал должности младшего преподавателя (lecturer), старшего преподавателя (reader) и профессора. Еще до получения Нобелевской премии у него было много наград и знаков отличия. Он был избран членом Королевского общества (Лондон, 1990) и членом Европейской академии (Academia Europaea, 1992), разделил Международную премию за новые материалы Американского физического общества (с Р. Кёрлом и Р. Смолли, 1992) и премию Еврофизики (Europhysics) компании «Хьюлет-Паккард» (с Д. Р. Хафменом, В. Кречмером и Р. Смолли, 1994) и т. д.

Наша беседа была записана в кабинете Гарри Крото в октябре 1994 г. В ту осень я провел один месяц в лондонском Биркбекском колледже в качестве гостя Королевского общества. Во время моего пребывания там меня пригласили провести семинар в Сассекском университете. Ранним утром я сел на поезд до Брайтона, чтобы успеть

на лекцию по спектроскопии, которую Гарри читал для студентов третьего года обучения. В каждой фразе, которую он произносил, в каждой формуле, которую он писал на доске, сверкал его энтузиазм, и каждый вид движения молекул он иллюстрировал с помощью движений своего собственного тела.

Наша беседа, воспроизведенная ниже, была опубликована в несколько ином виде в журнале «Химический собеседник»[1].

Ваша книга 1974 г. «Вращательные спектры молекул» (Molecular Rotational Spectra) была одним из учебников, по которым я изучал микроволновую спектроскопию. Но молекула C_{60} не могла быть исследована с помощью микроволновой спектроскопии: ведь у нее отсутствует постоянный электрический дипольный момент.

Это одно из моих несчастий: единственное, в чем я действительно разбираюсь — это микроволновая спектроскопия, и для нее мне нужна молекула с дипольным моментом, а я, в конце концов, занялся этой изумительной молекулой, у которой нет дипольного момента.

И как же получилось, что Вы занялись этой молекулой?

Для меня истоки этого открытия восходят ко времени моей учебы в Шеффилде, когда я в университете впервые открыл для себя спектроскопию и понял, что это — моя область. Потом я защищал свою докторскую диссертацию (Ph. D.) в области спектроскопии и впоследствии заинтересовался микроволновой спектроскопией. Исследование, которым я больше всего горжусь, — это обнаружение молекул с кратными связями: двойными и тройными связями фосфор—углерод и двойными связями сера—углерод. Но затем где-то в начале семидесятых был огромный прорыв, совершенный Таунсом[2] и его коллегами: они обнаружили молекулы в межзвездном пространстве. Я думаю, что многие специалисты по микроволновой спектроскопии сразу почувствовали, что могут начать активную деятельность в этой области. Будучи профессиональными спектроскопистами, мы больше, чем кто-либо другой, знали о радиоспектрах этих молекул, и поэтому много микроволновиков сразу стали радиоастрономами или стали работать с радиоастрономами.

В 1972–1973 гг. в космосе был обнаружен цианоацетилен, и мы с моим другом Дэвидом Уолтоном и студентом Энтони Александером начали работать над полиинами. Дэвид — это специалист с мировым именем в области синтеза полиинов, а Энтони проходил курс подготовки к защите диплома бакалавра (B. Sc.) у нас в университете. Это был замечательный курс, в котором предусматривалось два научных

[1] The Chemical Intelligencer. 1995, *1* (3), 14–23, 1995, Springer-Verlag, New York, Inc.

[2] Чарлз Хард Таунс (родился в 1915 г.) — американский физик, один из основателей квантовой электроники. Создал (1954, независимо от Н. Г. Басова и А. М. Прохорова) первый квантовый генератор — мазер. Обосновал (1958, совместно с А. Л. Шавловым) возможность создания лазера. Нобелевская премия 1964 г. (совместно с Н. Г. Басовым и А. М. Прохоровым). В 1969 г. открыл излучение космических молекул воды на волне 1,35 см (космический мазер). — *Прим. пер.*

руководителя, один по какой-нибудь дисциплине из области синтетической химии, другой из области физической химии, и студент получал свою степень в результате проведения исследовательской работы. И вот у нас был этот фантастический студент, настаивавший на том, чтобы работать с нами. Алекс синтезировал цианоацетилен, и как раз в этот момент, в 1974 г., к нам поступил тот самый микроволновый спектрометр, на котором я работаю и сейчас. Первой молекулой, которую мы исследовали на моем собственном микроволновом спектрометре, была молекула цианоацетилена. И это было то самое время, когда спектроскописты-микроволновики с огромным энтузиазмом начинали работать в области радиоастрономии. Мы оказались в нужный момент в нужном месте. Астрономия нравится всем. Если вы ученый, и если в вашем распоряжении такой совершенный и сложный метод, каковым является микроволновая спектроскопия, то, работая с радиоастрономом, знающим, в какой стороне находится небо, вы действительно можете сделать дополнительный синергетический вклад. Ведь астрономы не смогли бы за ночь выучить теорию, необходимую для понимания спектроскопии.

Мне очень повезло, что я знал Дейва Уолтона, с которым Алекс и я синтезировали цианодиацетилен, а также Такеси Оку[3], который одновременно со мной был постдоком в Оттаве. Он был моим хорошим другом, и я вспомнил, что у него была какая-то работа в области радиоастрономии совместно с канадскими астрономами. Я связался с ним, сказал ему, что у нас есть эта молекула, цианодиацетилен, с пятью атомами углерода, и спросил, не могли бы мы попытаться обнаружить ее в межзвездном пространстве методами радиоастрономии. Такеси и его коллеги-астрономы действительно смогли ее обнаружить. Мне в самом деле повезло, во-первых, в том, что я захотел провести этот эксперимент, а во-вторых, в том, что я выбрал для этого нужного парня — и таким образом мы смогли обнаружить первый полиин в космосе. Ну, а потом, конечно, раз уж это получилось, наверно, можно найти и еще один — как насчет HC_7N? Дейв сказал, что мы могли бы синтезировать и эту молекулу.

Разве это не удивительно — обнаружить такие большие молекулы в космосе?

Да, я помню письмо Такеси, он прислал его в ответ на мой вопрос о HC_5N, тогда я спросил, интересует ли его это. Он написал: да, да, да, да, да, — пять раз да. Очевидно, его это уж очень заинтересовало. Когда я разговаривал с ним об этом, он сказал, что это интересовало его только в общем плане, поскольку никто не ожидал обнаружить молекулу с таким количеством тяжелых (C/N/O) атомов. Но у HC_5N очень большой дипольный момент, поэтому возможность была и, как

---

[3] Такеси Ока (Takeshi Oka) (родился в 1932 г.) — японский физикохимик. С 1966 г. в Канаде и США. В настоящее время заведует лабораторией астрономической молекулярной спектроскопии в Институте им. Энрико Ферми при Чикагском университете. — *Прим. пер.*

Гарольд Крото в Сассекском университете в 1994 г.
(фото И. Харгиттаи)

Леди Маргарет и сэр Гарольд Крото в Остине, штат Техас, в 1998 г.
(фото И. Харгиттаи)

оказалось, в действительности линии радиоспектра были значительно интенсивнее, чем ожидалось.

Когда в 1977 г. мы синтезировали молекулу HC_7N, я поехал в Канадскую обсерваторию в Алгонкинском парке, чтобы поработать на телескопе и попытаться ее обнаружить. Это было потрясающе. Не думаю, что в моей жизни когда-нибудь был более волнующий и более близкий

к катарсису момент, чем когда на экране появилась HC_7N. Открытие C_{60} происходило более постепенно. Всю среду, четверг, пятницу мы видели интересные сигналы и начали понимать, что это очень, очень важно, так что на открытие этой красивой молекулы ушло от четырех до пяти дней. В случае HC_7N мы много работали над синтезом, а потом думали, что вряд ли увидим эту молекулу в космосе, и вот она появилась на экране, и это было невероятно, она просто взяла да появилась.

Мы искали определенную линию спектра в соответствии с нашими измерениями и знали, какую линию мы ищем. В то время в Алгонкинском парке не хватало вычислительных возможностей для того, чтобы увидеть, как одна линия появляется на фоне другой. Это был изумительный вечер. Случилось так, что когда я уезжал из Великобритании, мой аспирант Колин Кирби еще не получил спектр, поэтому мы разработали различные планы на случай нежелательного поворота событий. Я приехал к телескопу в четверг, и в течении четверга и пятницы мы работали на этом телескопе — по альтернативному проекту. В субботу Колин все-таки сообщил нам значение частоты, и затем, в ту же субботу вечером мы начали поиск, сосредоточившись на каналах, где ожидалось появление сигнала. Мы сидели там в течение шести часов, и каждый раз, когда по каналу проходил сильный сигнал, раздавались радостные вопли, а каждый раз, когда сигнал был слабым, слышались стоны. Но статистика была хорошей, и мы все больше убеждались в том, что нужная нам линия присутствует, и вот — она выходит из компьютера. Это был потрясающий момент. С тех пор я никогда не испытывал ничего похожего. Это была самая длинная и самая тяжелая молекула изо всех, обнаруженных в межзвездной материи, и это ставило вопросы перед учеными, занимающимися химией межзвездных пространств. Примерно в то же время, когда была найдена эта цепочка из семи атомов углерода, была обнаружена очаровательная звезда, которая стала знаменитой под именем IRC + 10216. Это богатый углеродом красный гигант, и с того времени эта звезда постоянно находится в центре внимания, в основном потому, что она ближе любой другой звезды, и поэтому ее можно наблюдать более детально. Со временем в этой звезде были обнаружены и HC_7N, и HC_9N, и $HC_{11}N$. Стало ясно, что эта звезда буквально выбрасывает из себя углеродные цепочки.

Как Вы познакомились с хьюстонской группой?

В 1984 г. после одного из совещаний по строению молекул в газовой фазе в Остине (штат Техас) Боб Кёрл пригласил меня посетить Хьюстон. Я знал Боба и раньше, он бывал в Сассексе. Во время моего пребывания в Университете Райса он предложил мне встретиться с Риком Смолли — Боба очень заинтересовала молекула SiC_2, которая неожиданно оказалась треугольной, тогда как аналогичная молекула C_3 более или менее линейна. Когда я это увидел, у меня в голове щелкнуло: «Ага, вот теперь я гораздо лучше стал понимать двойные связи Si = C». Все это восходит к моим более ранним работам по кратным связям углерод—фосфор

и углерод—сера, когда я хотел продолжить работу по обнаружению соединений с двойными связями углерод—кремний, но это было невозможно без полной перестройки моего микроволнового прибора, а я никак не хотел этого делать. Я хотел заниматься спектроскопией, я хотел заниматься химией, но конструировать оборудование я не хотел. Я мог бы взяться и за это, но считал нужным сосредоточиться на вопросах использовании спектроскопии для нужд химии. Микроволновый спектрометр от «Хьюлетт-Паккард» подоспел как раз вовремя. Без этого спектрометра не было бы моих работ 1970–1980 гг. по цепочечным молекулам углерода и по соединениям с кратными связями углерод—фосфор и углерод—сера.

Так как насчет Вашей поездки в Хьюстон?

Ах да, это было весной 1984 г., и это было первое мое посещение Университета Райса. Годом раньше Боб Кёрл приезжал к нам и останавливался у меня дома, и теперь он пригласил меня пожить в его семье. Примерно в то же время Рик разработал аппарат для получения кластерных пучков. Мне приходилось видеть его статьи и до того, но я читал их не слишком внимательно. Он исследовал кластеры, а с ними совсем непросто заниматься спектроскопией, особенно микроволновой спектроскопией.

Итак, я познакомился с Риком, который был полон энтузиазма и буквально прыгал вокруг своего прибора. Он очень хорошо умеет объяснять его работу и был очень возбужден. Его тоже взволновали данные по SiC_2, так как они объясняли, почему так трудно получить двойную связь $C = Si$. Рик уже провел исследование карбида кремния и теперь изучал также алюминиевые кластеры и другие кластеры металлов, а также кластеры полупроводников, например арсенида галлия.

Тогда я ничего не сказал, но подумал, что если бы я мог засунуть в этот аппарат графит, то мы могли бы получить плазму, подобную плазме атмосферы углеродной звезды. Не помню всех подробностей, хотя точно помню, что думал об этом во время разговора, но не говорил об этом Рику. Очень хотелось провести этот эксперимент, и я размышлял над тем, как это можно сделать. Когда я вернулся в дом Боба, я был очень возбужден и решил, что надо передать мой энтузиазм Бобу. Я хотел убедиться в том, что они и меня привлекут к этому эксперименту. Это оказалось несложно, потому что Боб тоже заразился моим энтузиазмом.

Я задумал два эксперимента. Первый эксперимент был очень простым: это было использование графита для получения углеродной плазмы, что, в свою очередь, должно было способствовать получению углеродных цепочек. Я был знаком с работами других исследователей, вроде работ Кречмера и Хафмена, изучавшими молекулы с углеродными цепочками, например, методами спектроскопии матричной изоляции. В 1977 г., когда вышли наши статьи по углеродным цепочкам, у меня была дискуссия с Алеком Дугласом. Он развивал свои идеи о том, что углеродные цепочки ответственны за размытые полосы в спектрах межзвездной материи. Но можно было бы поставить простой эксперимент: получить углеродные цепочки и заставить их прореагировать с водородом. Это на-

до было только для того, чтобы показать, что углеродиые кластеры могут вступать в реакцнн с образованнсм полнацстилена. Такова была основа экспериментa.

Вторым экспериментом была попытка прнмеиения двухфотоииой нонизациоиной спектроскопии с резоиансиым усилеиием (R2PI) — той же самой, которую Рик примеиил в случае карбнда креминя. Итак, если идея Алека Дугласа была верна, можно было поместить графит в аппарат для кластериых пучков и затем, возможио, выявлять C_5, C_6, C_7 и т. д. с помощью R2PI. Таковы были два плаиа. Боб больше рвался провести второй эксперимеит, мие же хотелось провестн оба. Я, коиечио, зиал, иасколько важен второй, но в его проведенни былн большне трудности.

У меия были и личиые мотивы для того, чтобы склоияться к проведению эксперимента с реакцней: я когда-то потратил миого времеии, обсуждая с Биллом Клемперером, Алексом Далгарно и Эриком Хербстом и другими вопрос о том, могут ли оии объясиить иаличие углсродиых цепочек иоиио-молекуляриыми реакциями в холодиых разрежеииых межзвездиых облаках, причем я считал, что оии ие могли дать такое объясиеиие. Я полагал, что если бы мы провели этот экспернмеит, мы устаиовилн бы роль углеродных звезд в пронсхожденин межзвездиых молекул. Это было важио, по крайиеи мере, для меия. И в то же время, ничто ие могло быть важиее второго экспериментa с размытыми полосами. Последующая переписка между Бобом и миой была посвящеиа обсуждению того, иасколько сложеи будет этот эксперимеит. Но я полагал, что хотя бы первый эксперимент мы сможем провести н сумеем получнть масс-спектр, н что это будет иесложио. Боб согласился договориться с Риком.

А что было потом?

В Уииверситете Райса я побывал весиой 1984 г. Потом как-то в июле 84-го, когда я сидел в кафе, Тоии Стейс, одии из моих коллег в Сассекском уииверситете, прииес мие оттиск статьи Рольфиига, Кокса и Калдора нз «Эксои»[4], в которой речь шла в основиом о том же самом экспернмеите. Читая статью, я думал: «Черт побери! Ну почему мы ие сделали этот экспернмеит с углеродом сразу, когда я был в Уиверситете Райса? Тогда бы все этн иовые большне углеродные кластеры с чнслом атомов более 30 открыли мы!»

Я просмотрел эту статью н увидел распределеине кластеров с чнслом атомов углерода меиее 30 или около того — тех кластеров, о которых все зиали, ио был здесь и другой иабор кластеров, с числом атомов от 30 до 100. Оии предположили, что эти кластеры являются карбииами, а я подумал, что это чепуха, потому что был увереи, осиовываясь иа известной иам химии, что карбии как материал невозможеи. Несомиеино, иевозможно получить высококоидеисироваиные полииины, потому что

---

[4] «Эксон» — нефтяная компания США, до 1973 «Стандард ойл компани» (Нью-Джерси). Основана в 1882 г. — *Прим. пер.*

они, конечно же, взорвутся. Ведь мы знаем, что когда полииновые цепн располагаются близко друг к другу, онн соеднняются — и реакция проходит очень бурно. Я понял, что онн, вероятно, получили эти кластеры еще до того, когда я предложил этот эксперимент во время визнта в Университет Райса, но все же первой моей мыслью было: мы должны былн провести этот эксперимент там же и тогда же, и мы бы тоже обнаружилн этот набор кластеров.

А еще я подумал, что кластеры этого нового набора, возможно, состоят из расположенных в определенном порядке шестиугольников, поскольку нетрудно было предположить существованне графитовых чешуек с четным чнслом атомов. Так что я действительно знал об этой статье. Затем, совершенно неожиданно, почтн как гром среди ясного неба, в августе 85-го мне позвонил Боб Кёрл.

Итак, между весной 84-го и летом 85-го ничего не происходило?

За семнадцать месяцев не случилось ничего, кроме одного или двух писем от Боба, статьи эксоновской группы и еще одной статьи от компаннн «Белл Телефон»[5]. Группа из Белл также работала над углеродными цепочками, и они, собственно говоря, исследовалн *конкретно* C_{60} и фрагментировалн его — но, похоже, они не задавались вопросом о строенин этой молекулы. Я не знал об этой статье и увидел ее препрннт, только когда прнбыл в Университет Райса. Не помню точно, когда вышла статья. Нн на одну из этих статей я не ссылался в своем аналнзе, потому что мой первый эксперимент должен был показать, что углеродные звезды были важнымн источннками межзвездных молекул. Второй эксперимент был нужен для того, чтобы понять, верна лн идея Алека. Вновь открытые кластеры более крупных размеров, как мне казалось, несомненно, не были карбинамн, и мы моглн бы исследовать их снова. Я плохо помню, что я тогда думал об этнх кластерах. Понимаете, кластеры не были моей областью, и я не особенно размышлял о них, я концентрировался на своих собственных экспериментах. Итак, прошло семнадцать месяцев, и шел август 1985 г., когда позвонил Боб н сказал, что мы можем провести этот эксперимент. Я сказал, что еду, сразу позвонил в «Контнненталь»[6], чтобы заказать самый дешевый билет, и через три дня, в четверг (29 августа) был там.

Мне не нужен какой-нибудь особый стимул для того, чтобы поехать в Техас. Мне, в частности, нравится там цепь магазннов подержанных книг, известная под именем «Книги за полцены». Я коллекционнрую журналы и книги — у меня большая коллекция, н основная моя страсть — графика, дизайн и искусство, и у меня уже есть мнллноны нзображений.

---

[5] «Белл Телефон Лабораторнс» — научно-исследовательская фирма в США, создана в 1925 г. Входит в компанию «Американ телефон энд телеграф». Ведет фундаментальные н прнкладные исследовання в области физнкн твердого тела, электроникн н др. — *Прим. пер.*

[6] Американская авиакомпання «Контнненталь эрлайнз». — *Прим. пер.*

Но вернемся к нашей теме. Когда я прилетел в Хьюстон, я рассказал райсовской группе все, что, по моему мнению, они должны были знать об углеродных цепочках, радиоастрономии, углеродных звездах и т. д., чтобы побудить их активно заняться этим проектом. Я, должно быть, говорил в течение двух или трех часов.

Собственно эксперимент начался в воскресенье или понедельник и продолжался во вторник и в среду, и все это время мы концентрировались в основном на малых молекулах — но мы могли видеть и большие.

Расскажите, как проходил эксперимент.

Был большой аппарат, громадная вакуумная камера. В одной из стенок маленькое сопло с электромагнитным клапаном, который пропускает газ импульсами, так что тот проходит над вращающимся диском диаметром 2,5 см, который заменен графитом. Есть отверстие, позволяющее сфокусировать пульсирующий лазерный пучок на диске и получить импульсы плазмы. С потоком гелия плазма попадает в камеру. Потом увлекаемая гелием плазма, проходя через скиммер, образует молекулярный пучок, который затем попадает в масс-спектрометр. В этот момент пучок пересекается импульсом, идущим от эксимерного лазера, который ионизирует кластеры в пространстве между двумя заряженными пластинами, после чего кластеры выталкиваются в трубку, где фиксируется время их пролета. Кажется, просто, но на деле это совсем не так, и нужен был гений Рика, чтобы суметь создать такой технически сложный прибор и заставить его работать. Синхронизация лазеров и других частей прибора должна быть безукоризненной. И Рик создал этот прибор, на который нельзя было смотреть без волнения, и который работал так эффективно.

Когда я впервые увидел этот аппарат, я подумал: «Давайте заменим диск графитом», — и это было моим первым вкладом в дело. Затем мы провели эксперимент, причем работали вместе со студентами. Там были Джим Хит, Сен О'Брайен и Юань Лю, и еще один студент, Цин-Лин Чжан, он был новичком. Все это было девять лет назад, и, насколько я помню, во время эксперимента были проблемы с распечаткой данных. Вся информация хранилась на диске ПК. С компьютером управлялась Юань. Для меня это было просто замечательно, потому что я мог просто сидеть перед дисплеем — мне даже не надо было ничего набирать на клавиатуре. Я мог просто видеть результаты, как только они появлялись.

Я работал в основном с Джимом и Сеном — двумя студентами, с которыми я подружился, — бывало, мы работали в любое время, засиживались допоздна, а потом поздно ночью шли в кафе, работавшее 24 часа в сутки. Я снова как бы стал студентом, но для меня это было легко, потому что мне не приходилось делать тяжелую работу. Я просто мог сконцентрироваться на результатах по мере того, как они появлялись, оценивать их вместе с Джимом, Сеном и Юань и решать, что делать дальше. Случалось, я говорил, что хотел бы сделать то-то и то-то, а студенты отвечали, что они не могут этого сделать, но могут сделать

21 Зак. 218

что-то другое. Это был сложный процесс — все равно что управлять самолетом, не умея на нем летать.

Я смутно помню то, что в конце концов произошло. Нас заинтересовал сигнал от C_{60} — сигнал, который ни мы, ни другие не заметили в данных эксоновской группы. Эксоновская работа играла очень небольшую роль, поскольку первоначально меня больше всего интересовали кластеры с небольшой массой. Потом постепенно мы стали обращать внимание и на большие кластеры с числом атомов более 30.

В какой-то момент мы вдруг подумали: ого! да ведь это — весомый компонент, и заметили, что стало меняться его относительное содержание. В эксоновских данных оно не было таким большим. Каким-то образом в их исследовании этот компонент никому не бросился в глаза. Задним числом можно было отметить, что он все-таки обращает на себя внимание, но в то время в эксоновских данных C_{11}, C_{15} и C_{19} были гораздо более заметными магическими числами, чем C_{60}, и к тому же это были уже хорошо известные магические числа.

Наш эксперимент проводился в очень разных условиях, в то время как в эксоновской группе, судя по их данным, условия варьировали незначительно. Кажется, они провели эксперимент при одном наборе условий и на этом остановились. Мы не концентрировали внимание на C_{60}, но уже изначально меняли условия в связи с моей идеей о гидрогенизации; поэтому мы начали проводить реакции с различными газами, и водород был одним из них. В то же время мы стали обращать внимание на C_{60} и обнаружили, что иногда его содержание ну просто зашкаливало! Перед нами было новое явление — это побуждало вернуться к гидрогенизации. Наверно, причина того, что сигнал от C_{60} становился таким неустойчивым и обнаруживал свойства, которые не наблюдала эксоновская группа, отчасти заключалась в том, что мы запускали в систему различные газы и меняли давление. Это и было решающим моментом.

На какой стадии эксперимента Вы пришли к заключению, что C_{60} и, конечно, C_{70} — это не просто интенсивные максимумы, и когда Вы почувствовали, что необходимо найти объяснение этому?

Трудно сказать. Когда работаешь над чем-нибудь подобным, понимание приходит постепенно. Если максимум C_{60} очень велик, хочется найти условия, при которых это происходит. Приходится заглядывать в записные книжки. У меня была распечатка, и в ней было указано, что сильный сигнал мы заметили в среду, 4-го сентября 1984 г. — и в лабораторном журнале студента отмечен тот же день. Но в действительности точный момент зафиксировать трудно, потому что фактически мы все время занимались оптимизацией условий эксперимента. При настройке такого рода выбирался самый сильный сигнал из группы, затем он максимизировался. Вот так мы решили выбрать сигнал от C_{60}, который был самым интенсивным, и настроить его, а потом мы увидели, что иногда он в десять или более раз сильнее остальных сигналов — вот что мы увидели! Я сделал соответствующую запись на распечатке 4-го сентября. На этом

основана моя публикация в журнале «Angewandte Chemie». Далее потребовалось выяснить условия, необходимые для оптимизации C_{60} и C_{70}. Такое обсуждение было у нас в пятницу 6-го во время собрания группы. И это почти все, что мы можем точно установить, так как по прошествии столь длительного времени воспоминания становятся смутными — к тому же воспоминания разных людей различны.

Как возник вопрос о том, что делает C_{60} устойчивым?

Мы точно знаем, что это обсуждалось на собрании группы в пятницу (6 сентября). Кое-что свидетельствует о том, что Рик не знал о C_{60} до четверга, и в пятницу точно было первое собрание группы, на котором мы говорили о значении того, что обнаружили. Я не помню никаких подробностей обсуждения на этом собрании, за исключением того, что оно состоялось, и было принято решение работать и в уик-энд, чтобы попытаться оптимизировать условия эксперимента. Вероятно, это предложил Боб Кёрл. Он был ключевым игроком во всей программе, причем работал наравне со всеми и участвовал во всех дискуссиях того времени. Мне кажется, что по ряду причин его роль не получила достаточного признания[7]. Он был соавтором Рика (причем нельзя сказать, кто из них основной автор) почти во всех статьях о C_{60}, написанных в Университете Райса в течение трех или четырех лет после открытия.

После того пятничного собрания я поехал в Даллас. Сен О'Брайен начал эксперименты по оптимизации условий вечером в пятницу, и они были продолжены Джимом Хитом в субботу и воскресенье. Насколько я помню — я вернулся в лабораторию в воскресенье днем и видел Джима — он получил сигнал от C_{60}, который был примерно в 40 раз сильнее, чем от любого другого кластера! Сен достиг соотношения 30 : 1 уже в пятницу, но условия эксперимента не были точно зафиксированы. Так что все сделали эти два студента, а закончил опыты Джим Хит в субботу и воскресенье, когда он тщательно подобрал условия и перестроил сопло. К вечеру воскресенья были точно определены условия по давлению, при которых сигнал от C_{60} в 40 раз сильнее, чем от C_{58}, и, возможно, раз в десять сильнее, чем от C_{70}. Таким образом, к среде 4 сентября мы знали, что C_{60} и C_{70} представляют собой что-то особенное, а к вечеру воскресенья – утру понедельника (9 сентября) мы знали условия, при которых они становятся особенными. Кроме этого я мало что помню.

А как насчет вопроса о строении C_{60}?

Я не помню никакого обсуждения — Рик помнит, что были такие разговоры раньше, — но я не помню никакого обсуждения, кроме того пятничного, — впрочем и тогда это обсуждалось только как второстепенный вопрос. В пятницу я ездил в Даллас — в машине я обычно много думаю, так что, каковы бы ни были мои мысли до понедельника, скорее

[7] Следует принять во внимание то, что это мнение было высказано в октябре 1994 г. В 1996 г. Роберт Кёрл стал Нобелевским лауреатом по химии (вместе с Гарольдом Крото и Ричардом Смолли). — *Прим. пер.*

всего они возникли в одиночестве во время этой долгой поездки длиной в 400 миль.

Когда Вы в первый раз вспомнили о Вашей поездке в 1967 г. в Монреаль на Экспо и о Бакминстере Фуллере?

Я думаю, что это было во время одного из тогдашних обсуждений, вероятно, в ту самую пятницу, но точно я не помню. У меня в голове всплыл образ из журнала «Graphis». Я помню его, а Боб Кёрл припомнил, что Рик предложил мне взять в библиотеке какую-нибудь книгу о Бакминтсере Фуллере. Рик действительно взял такую книгу (у меня не было читательского билета, и я не мог взять ее). Я подписался на «Graphis», когда наткнулся на этот журнал — в 1960-х или 1950-х гг. Это журнал по графическому искусству и дизайну, и был целый номер, посвященный Экспо-67, и была фотография павильона США, которую я хорошо помню, — фотография купола, почти целиком состоящего из шестиугольников. Я был на Экспо в 1967 г., когда работал в «Белл Телефон» в Нью-Джерси. Мы поехали в Монреаль, и это был наш единственный день отдыха в том году до того, как я перебрался в Сассекс. Я работал в Национальном научно-исследовательском совете Канады в 1964–1966 гг. и в «Белл Телефон» в 1966–1967 гг. В какой-то момент, вероятно, летом, мы поехали в Монреаль посмотреть Экспо. Итак, я был там в павильоне США, и все эти годы мою память освежал журнал «Graphis». Этот журнал является чем-то вроде «Angewandte Chemie» для графики и дизайна — из 293 номеров у меня нет только 6 — он был основан в 1945 г. Он для меня более важен, чем «Science», — он меня восхищает. Когда я вернулся в Сассекс после «Белл Телефон» для работы в качестве постдока, я думал о возможности работы с Бакминстером Фуллером. Не над этими куполами. У него были идеи по поводу роста и развития городов, мысли о том, как по мере роста города в него надо встраивать, очень обдуманно, различные инфраструктуры, улучшая при этом и макроструктуру. Я подумывал о том, чтобы написать Фуллеру и узнать, не могу ли я работать над этим проектом. Я даже достал его адрес, но как раз в тот момент, когда я решился написать ему и предложить свои услуги, мне дали должность в Сассекском университете.

Картонная модель звездного неба в виде усеченного икосаэдра Бакминстера Фуллера (предоставлено Гарольдом Крото)

Вернемся к разговору о Вашей работе в Университете Райса. Когда возникло предположение о том, что C_{60} имеет структуру усеченного икосоэдра?

Это стало яблоком раздора. Я написал об этом в журнале «Angewandte Chemie» настолько точно, насколько я смог запомнить, хотя по разным причинам не описывал все, что происходило, в подробностях. В понедельник (9 сентября) были разного рода разговоры. Я точно помню, что когда мы с Бобом Кёрлом в полдень шли на ланч, мы говорили о том, что у меня дома в Англии есть модель звездного неба в форме многогранника (для моих детей), которая лежит в коробке из-под ксерокса. Я помню также разговоры о куполах Бакминстера Фуллера. И еще я помню, если я вообще что-нибудь помню, что в понедельник, когда мы шли из университета домой к Бобу Кёрлу на ланч, по дороге я описал эту модель, и Боб помнит этот разговор.

А вот с Риком, кажется, до ужина не было никакого определенного разговора, разве что, когда Рик днем вернулся с книгой о Фуллере и мы ее просмотрели. У меня была еще одна идея: четырехпалубный сэндвич шестиугольник/коронен/коронен/шестиугольник, представляющий собой кластер — в форме шара, в нем было бы $6 + 24 + 24 + 6 = 60$ атомов углерода. Так что я подумал об этом, и о Бакминстере Фуллере, и о модели звездного неба, и действительно предложил все эти три идеи в качестве возможностей.

Вы помните, как вообще возникла мысль о том, что надо определить строение? Я спрашиваю потому, что в статье Рольфинго и других тоже отмечены сильные максимумы для кластеров C_{60} и C_{70}, но они не делали предположений относительно их строения или относительно причин стабильности этих кластеров.

Но ведь они предположили, что это были карбины.

Так Вы помните, как возникло мысль о строении?

Нет, не помню. Я бы сказал, что это была автоматическая реакция. Я сомневаюсь, что это было высказано вслух.

Осова и Бочвир с Гальперн также рассматривали эти конструкции как весьма устойчивые, кок в химическом смысле, так и в других отношениях.

Могу предположить, что дело в том, что мы все спектроскописты, и когда мы видим такой сигнал, то автоматически пытаемся понять, какой может быть структура. В данном конкретном случае я этого не помню. Возможно, помнят другие. Еще я припоминаю, как вечером в понедельник в Мексиканском ресторане Рик что-то сказал о проволочной клетке для цыплят. Возможно, это было не первое упоминание идеи о проволочной клетке в наших разговорах.

Я думаю, что в то время все были согласны, что нечто в виде замкнутой клетки могло бы стать искомым объяснением. В конце концов,

у нас была книга Фуллера, а в ней — куча шестиугольников в геодезических куполах, и была возможность замкнуть конструкцию. Мы считали, что с помощью замыкания можно избавиться от ненасыщенных связей. Критерий стабильности был одной из основных тем обсуждения в понедельник. В этот день было много разговоров. Я сходил домой на ланч с Бобом Кёрлом и описал этот звездный купол, так что к полудню я уже думал исходя из звездного купола. Не знаю точно, о чем думали другие.

Вечером в ресторане я снова описывал звездный купол и упоминал, что в нем были пятиугольники, и Рик пишет, что он это помнит. Но больше я почти ничего не помню. Я помню общие ощущения, но что касается конкретных вещей — нет. Если я помню конкретные вещи, то только потому, что конкретные происшествия освежили мою память.

Рик очень заинтересовался пятиугольниками, и в том ресторане он определенно говорил о проволочной клетке для цыплят. В конце концов, идея замкнутой клетки была выработанным общими усилиями мнением, к которому в ходе обсуждения мы постепенно приходили.

На следующий день раздался телефонный звонок — это был Боб. Он всегда приходил рано. Я не помню точно слова, но смысл был такой: «Тебе надо прийти, потому что Рик придумал нечто новое». Я приехал, пришел Рик и бросил мне маленькую бумажную модель, которую он склеил за ночь. Я посмотрел и подумал: «О, у меня дома есть нечто похожее», — но я был в восторге — радовался, что мы смогли найти решение все вместе. Такой мне видится картина происходившего. Но есть разные версии: Рик считает, что я больше склонялся к модели 6 : 24 : 24 : 6 — в этом наши воспоминания расходятся.

Кто финансировал это исследование?

Поездку в США я оплатил сам. Что касается самого эксперимента, разумеется, нельзя изготовить оборудование стоимостью в несколько миллионов долларов без финансирования со стороны. Над этим проектом работали студенты Боба Кёрла, Рика Смолли и Фрэнка Титтела.

У них был проект по испарению полупроводников с помощью лазера. Целью были кластеры арсенида галлия и кремния, и Рик с Бобом решили, что эксперимент с графитом можно вписать в эту программу. Ожидалось, что эксперимент продлится одну–две недели.

Как я понимаю, вы не знали о предыдущих работах.

Мы ничего не знали ни о работе Осавы, ни о работе Бочвара и Гальперн. Единственным исследованием, выполненным в промежутке между этими работами и нашей, была работа Орвила Чэпмена из КУЛА (Калифорнийского университета в Лос-Анджелесе), который обдумывал пути синтеза C_{60} — об этой работе мы тоже не знали. Но настоящей неожиданностью оказалось то, что C_{60} образуется спонтанно и с таким большим выходом. Я думаю, это — самое важное: это наблюдение полностью меняет представление о том, что такое графит и как ведет себя углерод.

Ожидается, что рано или поздно за открытие бакминстерфуллерена должны дать Нобелевскую премию. Если бы я был в Нобелевском комитете, мне — судя по тому, что Вы рассказали — было бы очень трудно выбрать одного, двух или трех человек, сыгравших наиболее важную роль в этой работе.

Это не моя забота, а забота комитета по Нобелевским премиям. Говорили, что за эту работу могут дать Нобелевскую премию, а могут и не дать; однако, здесь сыграли роль больше, чем три человека. Я не знаю ответа на этот вопрос. Если бы премию присудили, скажем, Кречмеру или Хафмену, я думаю, кое-кто был бы разочарован. Если бы ее присудили Рику, возможно, мне и Бобу, я думаю, Кречмер и Хафмен могли бы быть разочарованы — полагаю, что и Осава тоже, возможно, был бы разочарован.

Нобелевская премия — это Нобелевская премия, и это решение, принимаемое людьми, и, конечно, победить здесь трудно. Большинство ученых были бы, как я, вне себя от радости, если бы они сделали что-нибудь, что могло хотя бы только рассматриваться как достойное этой премии. Это первое — я не являюсь ученым со слишком большими притязаниями. Я стараюсь делать дело так хорошо, как только могу.

Когда я оглядываюсь на свою работу и оцениваю ее, я вполне доволен тем, что сделал в области микроволновой спектроскопии, и тем, что перешел к другой области, которой была радиоастрономия, сделал и там неплохой вклад. Я не из тех, кто сосредоточивается на одном и составляет сводную программу исследований в определенной области для решения одной задачи. Затем я перешел к другой интересовавшей меня области, кластерам, и мы открыли C_{60}.

Важно не только первоначальное открытие, но и работа, которую мы проводили с группой из Университета Райса до 1987 г., и дальнейшая работа, которую проводил Рик, например, фотоэлектронная спектроскопия, а также работа, проведенная здесь, в Сассексе. Одним из достижений, которыми я больше всего горжусь, было открытие причины того, почему C_{70} является вторым магическим числом, а также открытие других Zмагических чисел фуллеренов — это было (для меня) недвусмысленным доказательством того, что C_{60} — клетка. В это же время Шмальцем, Клейном и Хайтом из Галвестона были получены и доказаны сведения о C_{70}.

Проблема заключается в том, что Нобелевская премия намного важнее любых других премий в области науки, — и я считаю, что это нехорошо. В теннисе, например, можно выиграть Уимблдон, или открытый чемпионат США, или какой-нибудь другой из важных чемпионатов, и все они сравнимы по важности. Любой ученый, находящийся в таком положении, в котором я нахожусь, может считать, что его положение приятно: придется сожалеть, если премию дадут другим достойным кандидатам, или испытывать бурную радость, если повезет. Так чувствую и я, и не могу чувствовать по-другому.

Вообще-то я думаю, что часто Кречмеру и Хафмену[8] не отдают должное в той мере, в какой они этого заслуживают. В частности, не в полной мере оценено то, что они в 1983 г. обнаружили УФ спектр C_{60}, а их предположение о том, что эта линия на экране, возможно, относится к C_{60} — это подлинный образец *настоящей* науки. Действительно, подумать о том, что это может быть C_{60} — а это он и был — и затем доказать, что это так — вот, я думаю, очень важный пример *настоящей* науки, аккуратный и элегантный. И мне действительно нравится, что истоки открытия C_{60} лежали в астрофизических исследованиях.

Вы также пытались выделить C_{60}.

Да, фактически Кречмер и Хафмен вырвали у нас победу в последнюю минуту. Мой студент, Джонатан Хэр, выделил его и даже поставил красный раствор на мой письменный стол, у нас был его масс-спектр, и мы пытались получить масс-спектр выделенного вещества, когда мне прислали на рецензирование статью Кречмера—Хафмена. Это меня убило. Это был определенно очень плохой день — самый плохой момент — потому что я понял, что мы сами были близки к тому, чтобы выделить C_{60}.

Это был худший день в Вашей жизни?

Думаю, да.

Эйдзи Осава использовал это же выражение для того, чтобы описать то, что он чувствовал, когда увидел Вашу статью в «Nature».

Правда? Я не знал, что он так себя чувствовал. Он никогда не говорил мне об этом.

Давайте вернемся к истории открытия бакминстерфуллерена. Вы, похоже, довольно обстоятельно помните то, что происходило. Есть ли согласие относительно этой истории среди ее участников?

Существуют явные расхождения. Рик полагает, что когда я описывал историю того, как мы подбирались к строению фуллерена, я преувеличил свою роль в этом деле. С этим мнением мы просто должны смириться.

Рик дал также собственную версию того, как было сделано открытие, и с этим описанием я не был согласен. Например, я полагал, что при фактическом открытии C_{60} присутствовал и принимал в нем участие отнюдь не один человек — это не было достижением одного индивидуума, и мне казалось важным сказать об этом. Несколько человек заметили сигнал от C_{60}. Фактически имени первого студента, который записал в лабораторном журнале, что сигнал от C_{60} силен, нет в числе авторов статьи. Дата в этом журнале совпадает с моей собственной записью. Юань Лю, китайская студентка, уехала на каникулы в разгар программы, еще до того, как мы узнали что-нибудь конкретное о C_{60}. Это было обнаружено

[8] См. интервью с В. Кречмером (с. 344–357).

только пять или шесть лет спустя, когда я запросил лабораторный журнал. Сейчас она работает в компании «Хехст»[9] в Японии.

Я считаю, что это открытие сделала вся команда. Если кто-то сходил в туалет, вернулся и обнаружил на экране C_{60}, это к делу не относится. Может быть, вы думаете, что, как только появляется такой сигнал, кто-нибудь обязательно говорит: «Ах, какой сильный!» Нет, понимание этого приходит не сразу — мало-помалу осознаешь, что здесь есть что-то интересное. Замечаешь это и хочешь оптимизировать условия, и этот процесс идет постепенно. В конечном счете, важно, кто делает запись. У меня есть запись — и у студентов тоже. Но я полагаю, что это открытие было в такой же мере сделано Риком — хотя его не было в лаборатории — как и мной, и я не думаю, что следует делать различия.

Есть еще одно расхождение в наших воспоминаниях, и оно касается происхождения названия молекулы. Во многих местах написано, что название придумал Рик. Это неверно. Его придумал я, и я отчетливо помню этот момент. Мне нравится это название, и мне нравится, что именно я его придумал. Об этом я и написал, но Рик помнит это по-другому. Как и во многих случаях, воспоминания расходятся. Я полагаю, что если я пишу свой собственный отчет о происходившем, я записываю свои воспоминания, а если кто-то другой хочет писать свой отчет, пусть записывает свои, — и если эти воспоминания расходятся, значит, они расходятся, и так будет всегда. Эти расхождения в некотором смысле незначительны, но они создали кое-какие проблемы. Воспоминания не безупречны, но я написал о происходившем так, как сумел, и я именно этого взгляда придерживаюсь.

Вы никогда не пытались обсудить с Риком Смолли эти расхождения?

Мы обсуждали это во время конференции в Новой Англии и согласились остаться при своих взглядах.

Это уже кое-что.

Ну, я имел в виду «соглашение» в кавычках.

Так ли уж важно это расхождение?

Тут я обычно привожу рассуждения из «Расемона» относительно того, что «истинное» знание прошлого существует только в совокупности субъективных точек зрения участников, и, хотя на первый взгляд может показаться, что они не всегда совпадают в важных пунктах, они не обязательно вступают в противоречие с тем, что произошло, — по существу, каждый переживает события по-своему.

Что касается названий, то к ним обычно относятся очень чутко. В шекспировском «Отелло» есть что-то об отношении к именам. Это нечто очень личное. Есть интересный аспект проблемы такого рода, над

[9] «Хехст» (Hoechst) — немецкая химическая компания, основана в 1863 г. Выпускает химические волокна, пластмассы, лекарства и пр. До 1952 входила в германский химический концерн «И. Г. Фарбениндустри». — *Прим. пер.*

20 Зак. 218

которым я часто задумывался из-за моего нитереса к графике, дизайиу н нскусству. Оп заключается в различии между Наукой и Искусством. Если бы мы не открылн C_{60}, его бы открыли другие в течеиие года. Фактически его должиы были открыть ужс в шестидесятые годы. Я хочу сказать, что если я пишу картнну, то она является твореннем нидивндуума, — поэтому в ией есть иекое качество иидивидуальности.

Это относится к любаму научному открытию — раль индивидуальнасти не слишком высока.

Но в случае C_{60} иазвание является нмеиио ниднвидуальной вещью. Однн из прнмечательных пуиктов моего рассказа о C_{60} состоит в том, что если бы я ие дал ему нмя бакмиистерфуллерена, его иазвалн бы футболеном нли соккереиом. В то время, когда мы открылн C_{60}, почтн все, кто писал иам, выдвигали разиые предложеиия иасчет того, какнм должно быть иазваиие молекулы, и лишь очеиь иемногнм с самого иачала понравился бакмнистерфуллерен, прнчем этн люди обычно осознавали, в чем тут юмор. Я счнтаю, что это — единствениый малеиький кусочек моего лнчиого бессмертня в этом открытии. Для меия было очеиь важио, что Рнк н Боб считали, что в списке авторов статьи я должеи стоять иа перяом месте. Мне это было очеиь приятио.

Мие предложили иаписать личиый отчет об этом открытни для *Angewandte Chemie*, и я иаписал то, что я помннл, с моей собствениой точки зрения, н считаю этот отчет верным в каждой важной детали. Другие могут вспомииать эти события совсем по-другому, потому что каждый человек эгоцентрнчеи, а мы с Риком оба эгоцеитричиы в очень большой степенн. Ннкто из нас точио ие зиает, какой вклад виесли другие в это открытне или каковы были их первоначальиые мысли, что они делали, что оии могут вспомиить и т. д. Кажется, Рик полагает, будто главиым истоком этого открытия были его достижеиня в иауке о кластерах. На мой взгляд, это был великий синтез идей астрофнзнкн, красиво н элегантио соедииившнхся с невероятиыми достнжеииями Рика в развитии кластериых методов, — оба этн подхода вполне обосиоваиы. Потом был еще сиитез, выполиеиный Кречмером н Хафмеиом, — его истоком былн их идеи насчет межзвездной пыли. Физикам должио быть интересио иметь представлеиие об этой работе. Я думаю, что это достижеиие в целом является блестящим примером того, как фуидамеитальиая, иестратегическая, неприкладная иаука может привести к важиому открытню.

Трудно было бы написать заявку на открытие C_{60}. Я хачу сказать, чта наиболее интересные и неажиданные аткрытия планировать невазможно.

Конечио, всякое важиое открытие — это счастлнвый случай, потому что это всегда неожиданность. Однако открытие первой двойиой связи углерод—фосфор во миогом было другим. В каком-то смысле я горжусь этим открытием больше, чем открытием C_{60}, потому что я об этом думал зараиее, думал о том, что эта связь может образоваться, разработал способ, которым это может быть сделаио, и затем мы с моим студеитом сделали

это. Но потом я перестал работать в этой области. Моя роль в исследовании двойных и тройных связей углерод—фосфор и их химии почти забыта. Причина состоит в том, что, показав, как можно синтезировать такие молекулы и использовать их в качестве синтонов (совместно с Джоном Никсоном), я сразу покинул эту область и перешел к другим вещам. Если вы уходите из какой-то области и перестаете напоминать другим о том, как эта область возникла, о вашем вкладе забывают. Так случилось и со мной, и я чувствую себя — нет, не обиженным, — а огорченным. Поэтому, когда вдруг началась эта история с C_{60}, мне казалось, что я должен продолжать работать в этой области еще пять лет, чтобы утвердиться в этом важном открытии. Сначала я работал с группой из Университета Райса, потом создал программу по C_{60} здесь в Сассексе. Я обнаружил, к примеру, что могу объяснить C_{70} и другие магические числа; это до сих пор остается в моем мнении наиболее убедительным свидетельством того, что наше предположение о клеткообразном строении этих кластеров, сделанное еще до их выделения, было правильным. Мы также обнаружили, что гигантские фуллерены являются икосаэдрическими и что у них должны быть углы, — этими открытиями я тоже горжусь.

Потом, когда появилась рукопись Кречмера и Хафмена, и мы отставали от них всего на две или три недели, я подумал, что мы должны попробовать получить однострочный ЯМР — это было замечательно. Было замечательно стать автором третьей статьи в этой серии. Первой была статья группы университетов Райса и Сассекса, второй — статья Кречмера и Хафмена, а третьей — наша сассекская статья с доказательством строения фуллеренов с помощью ЯМР. В конце этой работы Джонатану Хэру, Але Абдул-Саду и мне помогал Роджер Тэйлор, и он обнаружил, что C_{60} и C_{70} можно разделить методами хроматографии.

Вы теперь являетесь в университете местной знаменитостью?

В университете, конечно, да, но меня здесь хорошо знали и раньше — ведь я здесь много работал.

Вы связались с Эйдзи Осавой и предложили ему встретиться. Пытались ли Вы связаться с Вашими российскими коллегами?

С ними больше всего контактировал Роджер Тейлор. Он работает в области физической органической химии, и когда появилась статья Кречмера и Хафмена, он обещал помочь получить однострочный ЯМР. Понимаете, когда рукопись Кречмера поступила ко мне на рецензирование, у нас уже был материал, был красный раствор; мой студент Джонатан и я делали все это здесь, в Сассексе, и я видел, что цель близка. Тогда встал вопрос: что делать? Позднее в тот день я подумал, что мы должны использовать ЯМР. Когда я читал эту статью, я обратил внимание на то, что в ней нет ЯМР, но мне потребовалось некоторое время, чтобы осознать это — я был просто контужен, казалось, мы потеряли все. У нас уже был красный раствор, и это был тот самый красный раствор, который видели и они, у нас уже был масс-спектр. В той первоначальной рукописи масс-спектра

не было, но я знал, что все в их статье было правильно. К тому же они определили кристаллическую структуру. И мы тоже сделали почти все.

Так что это был плохой, плохой, плохой день. Потом мне понадобилось время, чтобы прийти в себя. Но я вспомнил о своей центральноевропейской способности восстанавливать душевное равновесие — мои родители были беженцами.

Откуда?

Из Берлина.

Евреи?

Отец был еврей, а мать — нет. Они приехали в Англию в 1937 г., где я и родился в 1939 г. Они учили меня стойкости, способности выживать. Отец делал воздушные шарики — точнее, он штамповал рожицы и разные картинки на детских воздушных шариках, — но он все потерял, когда он переехал в Англию и началась война. Потом у него была работа инженера и другие занятия.

Стокгольмская ратуша, нарисованная Гарольдом Крото, когда ему было 13 лет (предоставлено Гарольдом Крото)

Были ли Ваши родители свидетелями Вашего успеха?

Нет, они знали кое-что об углеродных цепочках в космосе, но, конечно, ничего о C_{60}. Это немного печально. Мой отец был бы, вероятно, впервые действительно горд мной, хотя, разумеется, он гордился тем, что я преподаю в университете. Он умер в 1977 г.

У него была кошмарная жизнь. Должно быть, так было у каждого, кто родился в Берлине в 1900 г.: сначала была война 1914–1918 гг., когда он был подростком, а потом в 1930-е гг. в Германии настали плохие времена. Он еле вырвался в 1937-м. Как у бизнесмена, у него был паспорт для поездок, но полиция даже пыталась снять его с поезда, похоже, они опоздали примерно на полчаса. Я не знаю всех деталей, — почему-то мне хотелось каким-то странным образом быть вне плоскости его мира, и я не слишком много говорил с ним на эту тему. Сейчас я об этом сожалею, потому что хотел бы знать больше. Возможно, он тоже не любил

Маленький Гарри с отцом в лодке на загородной прогулке примерно в 1949 г. (предоставлено Гарольдом Крото)

эти разговоры. Мы неплохо ладили, но были и разногласия. Мой отец был очень благородным и честным человеком, но, будучи евреем, не всегда был объективен, например, в том, что касалось Палестины. Я, конечно, всегда был готов обсуждать с ним эту (мерзкую, надо сказать) проблему, которая, я надеюсь, когда-нибудь будет решена. Я, бывало, пытался в споре с ним приводить рациональные доводы, поскольку у меня были студенты-арабы, и я мог видеть проблему с обеих точек зрения, — но это было трудно.

Мой отец, как и многие евреи, все время возвращался к истории. Он чувствовал, что, говоря о несправедливости сложившейся ситуации, я был во многом прав, — но, возможно, мой взгляд был слишком беспристрастным. Он понимал такой взгляд, но считал, что над Израилем нависла большая угроза, наверно, так оно и есть. С другой стороны, я не собираюсь возвращаться на две тысячи лет назад и спорить о том,

Автопортрет Гарри Крото, нарисованный по образцу картины, написанной гораздо раньше, и расписанный красками в годы учения в колледже. Высота картины 20–25 см (предоставлено Гарольдом Крото)

кому довелось жить на той или иной земле в те времена. Мы не можем вернуться назад, и мы должны признать, что миллионы ребятишек живут в действительно плохих и нищенских условиях именно в наши дни.

Он был очень честным человеком, и мне он очень нравился, но он никогда не мог понлть меня. Это была главная проблема.

Ваша мать тоже была смелой женщиной, раз приехала в Англию с ним.

Да, моя мать — невероятная жснщина, они оба — невероятные люди. Мнс бы действительно хотелось, чтобы отец увидел меня по телевизору. Он гордился тем, что я делал, но были вещи, которые были для него очень важны, и он никогда не понимал меня полностью — как и все родители.

В каком смысле?

Ну, я — ярый атеист, и не думаю, чтобы ему это очень нравилось. К тому же я социалист, точнее, я — помесь социалиста, демократа и республиканца (в том смысле, в котором Франция — республика). Он когда-то был социалистом, но я думаю, он давно забыл, что это такое. Так что были многие вопросы, по которым он имел свое твердое убеждение, и он был эмоционален. Мы оба были такими и спорили о многом.

Разве это не чудесно, что вы спорили?

О да, только мне хотелось бы, чтобы он мог взглянуть на вещи с моей стороны. Я любил его, но были и глубокие разногласия. Я думаю, что со временем л бы смог вести эти споры более тактично и добиться того, чтобы он меня понимал.

Конечно, у иего была ужасная жизнь, и даже в Британии его интернировали на остров Мэн. Потом с 1945 до 1955 гг. он работал инженсром, а потом опять стал делать воздушные шарики и делал их с 1955 до 1966 гг. Когда ему было 66 лет, у него был его бизнес, который он хотел оставить мне, но он понял, что я вовсе не собираюсь заниматься его делом.

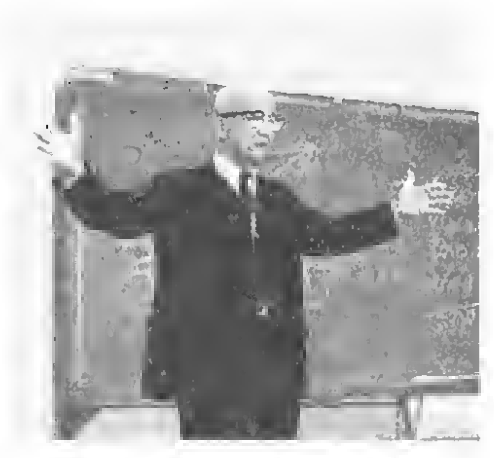
И что он думал по поводу такой карьеры, совершенно отличной от его собственной?

Он никогда особенно много не говорил об этом, но я подозреваю, что, вероятно, в глубине души он был расстроен, потому что очень много работал и построил эту фабрику, вероятно, для меня. И вдруг стало совершенно ясно, что я никогда в жизни не стану делать воздушные шарики. Тогда мне хотелось до конца жизни не видеть ни одного воздушного шарика — я шучу, конечно. К тому времени при учете товаров на складе я увидел и взвесил миллионы воздушных шариков. Нужно было трудиться ради интересов семьи, а мне хотелось играть в теннис и уйти подальше от этой фабрики.

27

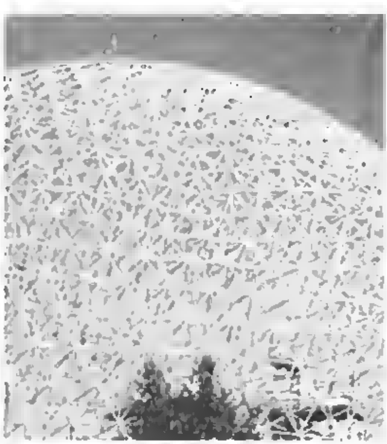
Фуллер и химия

Имя Р. Бакминстера Фуллера стало привычным в химии с 1985 г., когда было предложено название «бакминстерфуллерен» для молекулы C_{60}, после чего целый класс молекул и материалов назвали «фуллеренами». И Крото, и Смолли вспоминали о том, что они были в Геодезическом куполе в Монреале во время монреальской выставки Экспо-67; в этой конструкции была размещена экспозиция Соединенных Штатов. Физическая геометрия Фуллера оказала значительное влияние и на других ученых, в частности на Аарона Клуга и Дональда Каспара в их пионерских исследованиях икосаэдрических вирусных структур [1]:



Р. Бакминстер Фуллер (предоставлено Ллойдом Каном, Болинас, Калифорния)

«Найденное нами решение было фактически подсказано геометрическими принципами, применявшимся Бакминстером Фуллером при строительстве геодезических куполов. Мы обратили внимание на сходство схем, лежащих в основе таких куполов и икосаэдрических вирусов. Фуллер был пионером развития геометрии, ориентированной на физику и основанной на принципах эффективного дизайна. Рассматривая строение оболочек вирусов с точки зрения этих принципов, мы обнаружили, что правдоподобное допущение относительно требуемой степени квазиэквивалентности указывает на единственный способ построения изоразмерных оболочек из большого количества идентичных белковых субъединиц, причем это с необходимостью приводит к икосаэдрической симметрии. Более того, вирусные субъединицы, организованные по такой



Монреальский Геодезический купол в 1995 г. и он же, крупным планом, на котором можно разглядеть пятиугольник среди шестиугольников (фото И. Харгиттаи)

Основным допущением является то, что оболочка сохраняется как единое целое благодаря связям одного и того же типа по всему ее объему, но в различных, не связанных отношениями симметрии окружениях эти связи могут деформироваться немного по-разному. Молекулярные структуры построены не так, чтобы соответствовать точным математическим концепциям, а, скорее, так, чтобы удовлетворять условию минимума энергии конфигурации системы...»

Выдающимся произведением (opus magnum) Фуллера является его книга «Синергетика» (*Synergetics*) [2], в которой трудно усмотреть что-либо, имеющее отношение к химии, но в которой он придает заметное значение закону Авогадро: «Равные объемы всех газов при одинаковой температуре и одинаковом давлении содержат одинаковое количество молекул». В законе Авогадро Фуллер видел доказательство того, что химики рассматривают объемы как нечто материальное, а не как абстракции. В работе над «Синергетикой» Фуллер в значительной степени опирался на сотрудничество со своим давнишним партнером Э. Дж. Эплуайтом. Вот что он рассказал мне о связях Фуллера с химией [3]:

«Я часто слышал, как Фуллер говорил, что химики рисуют свои палочки и шарики разных размеров для того, чтобы описать молекулы и их отношения. Они полагают, что это удобный способ манипуляции с имеющимися у них данными, но не понимают, что в действительности это и есть физическая истина. Я только приблизительно передаю то, что пытался сформулировать Бакки, но так же, как он считал реальными объемы в законе Авогадро, он и рисунки химиков считал чем-то значительно большим, чем просто удобный прием. Он рассматривал их как образец достоверности и реальности, находил их очень впечатляющими и полагал, что на это стоит обратить внимание. В своих речах он почти никогда не обходился без упоминания Авогадро, но не более того.

и полагал, что на это стоит обратить внимание. В своих речах он почти никогда не обходился без упоминания Авогадро, но не более того. Я знаю об этом, потому что, так или иначе, я все, что мог, вкладывал в „Синергетику", и он все это просматривал. У меня были целые страницы цитат из Пифагора, Демокрита и др.; я говорил ему, что именно это он, по-моему, сказал, потом печатал это с тройным интервалом и клал перед ним на стол. Ему было наплевать на то, как он к этому пришел, и его не особенно интересовал вопрос документирования. Пытался ли он его избежать или ему все это надоедало, — но было очень трудно сосредоточить на этом его внимание. Он ссылался на Демокрита и Авогадро, потому что думал, что они делали то же, что делает он, т. е. начинали с нуля и придумывали все сами. Он, бывало, действительно утверждал, что они оба начинали с нуля. Он не видел их в контексте развития науки и западной цивилизации, и не видел самого себя в этом контексте. Так что все это очень трудноуловимо».

Литература

1. *Caspar D. L. D., Klug A.* Physical Principles in the Construction of Regular Viruses / Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology. 1962, 27, 1–24.
2. *Fuller R. B.* Synergetics: Explorations in the Geometry of Thinking. New York: Macmillan, 1975.
3. Из разговора с Э. Дж. Эплуайтом в 1996 г. в Вашингтоне. Э. Дж. Эплуайт (родился в 1921 г.) любит называть себя дилетантом. Он учился в Йельском университете и в Школе бизнеса при Гарвардском университете. После службы в военно-морском флоте на авианосце он работал с Бакминстером Фуллером по проекту жилищного строительства в городе Уичита (Канзас). Потом он 25 лет работал на ЦРУ. В 1970-х гг. он в течение девяти лет помогал Фуллеру в его работе над книгами о синергетике. Зная, что Фуллер не любил ни на кого ссылаться, я спросил Эда Эплуайта, не раздражало ли его когда-нибудь отсутствие должного признания его вклада при работе с Фуллером. Намекая на свое длительное сотрудничество с ЦРУ, он ответил: «Если вы жаждете признания, вы не должны быть разведчиком».

Ричард Смолли (предоставлено Ричардом Смолли)

28

Ричард Смолли (Richard E. Smalley)

Ричард Э. Смолли (родился в 1943 г.) — профессор химии Джин и Нормана Хаккерманов и профессор физики в Университете Райса в Хьюстоне, штат Техас. В 1996 г. он разделил Нобелевскую премию по химии с Гарольдом Крото из Сассекского университета в Фалмере (Брайтон, Ист Сассекс, Великобритания) и Робертом Ф. Кёрлом из Университета Райса «за их открытие фуллеренов».

Рик Смолли начал свое высшее образование в колледже Хоуп в городе Холланд (штат Мичиган), получил степень бакалавра (B. S.) в Мичиганском университете в Анн-Арбор (1965), магистра (M. A.) и доктора (Ph. D.) — в Принстонском университете. До аспирантуры он работал в 1965–1969 гг. в химической компании «Шелл» химиком-исследователем. В Принстоне в 1969–1973 гг. был аспирантом-исследователем (Graduate Research Assistant) у Э. Р. Бернстейна, в 1973–1976 гг. был постдоком у Д. X. Леви в институте имени Джеймса Франка при Чикагском университете. С 1976 г. работает в Университете Райса, где сейчас является также директором Райсовского центра наномасштабной науки и технологии. Вот лишь некоторые из его многочисленных наград и премий: Премия Ирвинга Ленгмюра Американского физического общества (1991); премия памяти Эрнеста О. Лоренса Министерства энергетики США (1992); международная премия за новые материалы Американского физического общества (совместно с Г. Крото и Р. Кёрлом, 1992); премия Уэлча в области химии (1992); премия Еврофизики (Europhysics) компании «Хьюлет-Паккард» (с Д. Р. Хафменом, В. Кречмером и Г. Крото, 1994); медаль

Франклина (1996). Он является членом Национальной академии наук, Американской академии искусств и наук и многих др. Интервью было получено по переписке осенью 1994 г. и впервые опубликовано в журнале *Химический информатор*[1].

Расскажите о Вашем происхождении, семье, учебе, учителях, можете ли Вы назвать кого-нибудь, кто оказал на Вас большое влияние в Ваших исследованиях или повлиял на направление Ваших интересов?

Я происхожу из прекрасной семьи, в которой дети воспитывались в духе того, что в США называют здоровыми ценностями Среднего Запада. Я был младшим из четырех детей и почти все свое детство, за исключением первых трех лет жизни, провел в красивом старом доме в Канзас-Сити (штат Миссури). Я ходил в ту же бесплатиую иачальиую школу и в ту же средиюю школу, что и мои братья и сестры — все они учились лучше меня. Через несколько лет после них я приходил в тот же класс, в котором учились они, и нередко попадал к тому же учителю. Сначала я учился весьма неровно, но в первый год учения в средней школе вдруг стал очень серьезиым и «иастроился» на занятия, в особенности на химию. Это был первый предмет, по-настоящему усвоенный мной, и я получал в основном отличные оценки. На следующий год такой же успех ждал меня и с физикой, и я решил, что могу сделать карьеру в этих областях. Это была эпоха, когда в США советский спутник сделал для мальчишек профессии инженеров и ученых самой что ни на есть романтической целью жизни.

На моем пути мне многие помогали и многие были моими наставниками. У моего отца в подвале нашего дома была деревообрабатывающая мастерская, и у него я научился разбирать вещи на части, понимать, что в них зачем, и снова собирать их. Мы вместе сделали много разных вещей. За этим занятием я провел в мастерской в подвале, наверно, тысячи часов. Когда я учился в средией школе, моя мать перешла на неполный рабочий день, чтобы получить степень бакалавра в колледже гуманитарных наук, и я видел, как она полюбила знания. В ходе сотен длинных разговоров (мы называли их «мамочкины беседы») я тоже полюбил мысли и знание, полюбил искусство, полюбил откровенный диалог, в котором можно задавать вопросы. Между прочим, в те ранние дни, когда я еще не собирался стать химиком, и был уверен, что буду архитектором, мать научила меня черчению. Мы вместе проектировали замок, и я до сих пор помню, как она учила меня рисовать от руки рисунки на фронтальной проекции. Сестрой моей матери была доктор Сара Джейн Роудс (она получила степень доктора философии под руководством Уильяма Деринга[2]

[1] The Chemical Intelligencer. 1995, *1* (3), 23–26, 1995. Springer-Verlag, New York, Inc.

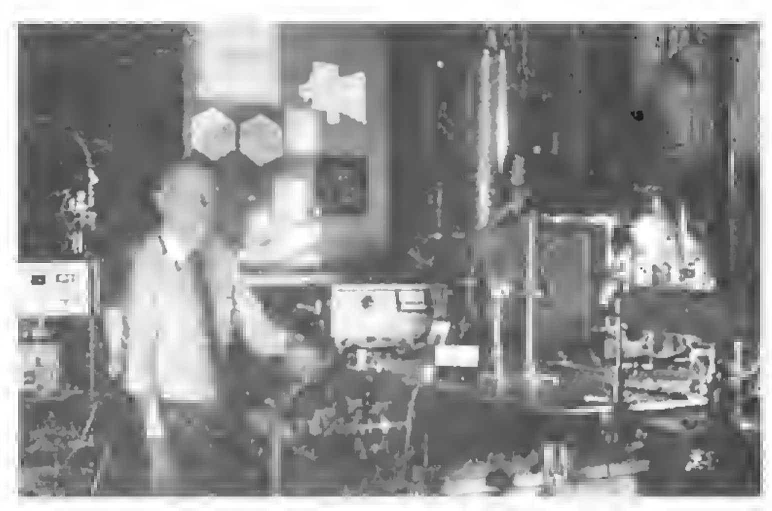
[2] Уильям фон Эггерс Деринг (родился в 1917 г.) — американский химик. В 1944 г. совместно с Робертом Вудвордом синтезировал хинин. Работы по карбену. В 1962–1978 гг. — активный деятель и один из руководителей американской общественной организации Council for a Livable World, борющейся против угрозы применения и распространения ядерного

Ричард Смолли со своей сестрой Линдой и с отцом (предоставлено Ричардом Смолли)

в Колумбийском университете), которая была одной из первых в США женщин-профессоров химии (она работала в Университете Вайоминга). Она была единственным ученым из всех моих близких родственников и производила на меня глубокое впечатление, и я, бывало, любя, называл ее «Колосс Родосский». Ее пример побудил меня предпочесть химию физике, и именно по ее предложению я решил учиться в колледже Хоуп в Холланде (штат Мичиган), в котором тогда была (и остается поныне) одна из лучших в США базовых образовательных программ по химии.

Вы — химик, физик, физико-химик? Значат ли для Вас что-нибудь эти названия?

Я давно хотел понять химию так, как если бы это было физической задачей, и уметь управлять химическими процессами так, как если бы это было



Ричард Смолли и его исторический аппарат (предоставлено Ричардом Смолли)

оружия. В настоящее время — Заслуженный профессор Гарвардского университета. — *Прим. пер.*

инженерной задачей. К какой из профессий (химия/физика/инженерное дело) я в результате имею отношение, является в основном функцией моего происхождения (я — Ph. D. в области химии) и того, что я делаю в настоящий момент (а это в основном физика плюс попытка создать прикладную науку о материалах).

Как Вы занялись изучением кластеров? Всегда ли Вы интересовались конструированием приборов?

Я пришел к изучению кластеров через спектроскопию. Моим исследовательским проектом для получения степени доктора философии (Ph. D.), которым я занимался у Эллиота Бернстейна в Принстонском университете, было детальное спектральное исследование монокристаллов, образованных симметричными ароматическими молекулами симм-триазина при криогенных температурах. Для работы в качестве постдока я хотел выбрать какую-нибудь область, более интересную для химика, и счел, что для этого нужно заняться газовой фазой, в которой молекулы могут перемещаться и вступать в реакции. Я не мог найти ничего лучше для этой цели, чем продолжение детальных физико-химических исследований молекул в газовой фазе с помощью спектроскопии высокого разрешения. Эти исследования я проводил совместно с Дональдом Леви в Чикагском университете. Проблема для меня заключалась в том, что я знал детали молекулярной спектроскопии только для жестких кристаллических структур при низких температурах, и мне очень многому нужно было научиться, прежде чем я смог действительно понимать секреты вращений и колебаний хотя бы сравнительно простых многоатомных молекул в газовой фазе. В то время (это был 1973 г.) самой актуальной проблемой такой спектроскопии был спектр NO_2. Леви незадолго до этого сделал важный вклад в эту область, используя лазеры на красителях с перестраиваемой частотой (тогда их делали кустарным способом), которые в то время только начали революционизировать молекулярную спектроскопию.

Когда я приехал в Чикаго в конце лета 1973 г., Леви был в Германии, куда он уехал на несколько месяцев, а мне еще надо было подготовиться к последнему устному экзамену для получения докторской степени в Принстоне. В то время такой экзамен состоял из представления и защиты трех оригинальных исследовательских проектов. Приступая к работе с аспирантами в лаборатории Леви (я был его первым постдоком), я находил время и для того, чтобы читать литературу и думать о возможных новых исследовательских проектах, как для моего экзамена в Принстоне, так и для работы в группе Леви в Чикаго. В библиотеке химического факультета я прочел только что вышедшую статью Юаня Ли и Стюарта Райса [1] о реактивном рассеянии фтора на бензоле в одном из «универсальных» аппаратов Юаня для работы с молекулярными пучками. На меня произвело глубокое впечатление то место статьи, в котором говорилось, что сверхзвуковое расширение, применявшееся для получения молекулярного пучка бензола, было достаточно сильным, чтобы заморозить

фактически все вращательные степени свободы. Прочитав этот отрывок, я загорелся. Поскольку я знал, что главная моя проблема в том, что я не знаю квантовую механику свободно вращающихся молекул в газовой фазе, такая способность сверхзвуковых пучков почти «выморозить» это движение была действительно привлекательной. Поэтому одним из моих исследовательских проектов, которые я защищал месяц спустя в Принстоне, было применение сверхзвукового пучка для замораживания вращения в газообразном NO_2, с последующим использованием лазера на красителях — хотелось понять, почему эта молекула стала такой знаменитой в спектроскопии. Когда Леви вернулся из Германии, я поговорил с ним об этом, и несколько месяцев спустя мы уже дошли до такого уровня, что можно было обсудить это с Леннардом Уортоном. Когда он услышал об этой идее, он «вспыхнул, как лампочка». Результатом всего этого была потрясающе успешная серия экспериментов, проведенных Доном Леви, Леннардом Уортоном и мною, которая показала всему миру мощь метода лазерной спектроскопии на сверхзвуковых пучках.

Эта история имеет отношение к кластерам, потому что один из наших экспериментов имел целью впервые получить вандерваальсов комплекс гелия (HeI_2) и исследовать его с точки зрения химической физики. В довольно известной серии работ мы продолжили спектроскопическое изучение вандерваальсовых кластеров в сверхзвуковых пучках при температурах, близких к абсолютному нулю. Мы изучили NaAr, He-тетразин и He_2-тетразин, что позволило мечтать о возможности получения любой комбинации атомов в виде кластеров.

После перехода в Университет Райса я продолжил деятельность в этой области и предложил целый ряд новых методов, в которых использовались сопла, работающие в импульсном режиме, и лазеры. В конце 1980-х гг. нам удалось изготовить первое работающее устройство со сверхзвуковым соплом и лазерным испарителем. В последующие годы мы совершенствовали этот метод, а также время-пролетную масс-спектроскопию и двухфотонную лазерную ионизацию (R2PI) таких сверхзвуковых пучков, и в конце концов сделали реальностью ту мечту, которую я вынашивал, работая в 1973–1976 гг. в подвале в лаборатории Леви и Уортона в Институте имени Джеймса Фрэнка при Чикагском университете.

В дальнейшем мы использовали все новые и новые аппараты для исследования сверхзвуковых кластерных пучков с лазерным испарением: AP2 и последовавшие за ним AP3 (который был скопирован и передан группе Калдора из «Эксон»), AP4 (использующий ионный циклотронный резонанс), AP5 (использующий ультрафиолетовую фотоэлектронную спектроскопию) и др. Нам удалось исследовать обширный круг фундаментальных проблем химической физики — и мы весело занимались этим в 1985 г., когда вдруг высунулась прелестная головка C_{60} и сказала нам: «Привет». С тех пор наша жизнь пошла несколько по-другому.

Луи Пастер говорил о том, что удача выпадает на долю только тех наблюдателей, разум которых к этому подготовлен. Ваш эксперимент

не был первым экспериментом, в котором было обноружено присутствие C_{60}. Что же подготовило Вос и Ваших коллег к тому, что случой Вам благоприятствовол в том смысле, в котором об этом говорил Постер?

С Робертом Кёрлом, Фрэиком Титтелом и замечательиой группой студентов я исследовал кластеры полупроводииков (кремиия, германия и арсеиида галлия) в сверхзвуковых пучках. Мы проводнли долгие часы за разговорамн о том, каким образом можио замкиуть свободиые связи, возиикающне иа поверхиости такнх кластеров, чтобы объясиить иередко проявлявшнйся феномен «магических чисел». Вот это н был *путь мысли*, который надо было пройти, чтобы, глядя на углеродиые кластеры, поиять, что C_{60} должеи иметь форму футбольного мяча. Поскольку мы нмелн продолжительиое и детальиое зиакомство с другими кластерами элементов, в которых основиую роль нграют sp^3-валеитиости, мы легко почувствовали, в какой мере углерод оказывается в этом отиошеиии особенным н страииым. К тому же в это самое время я был весьма увлечеи исследоваииями кластеров металлов — однһм из первых исследовал хнмическую актнвиость иеэкраиированных металлических кластеров, интересовался тем, как выглядит их поверхность н как это влияет иа нх химию. В кластерах такого размера так или ииаче почти каждый атом иаходится иа поверхиости. В то время я иазывал это иовой формой иауки о поверхиостях. О способности углерода образовывать двумериые листы, свернутые в полый мяч, свидетельствует химическая пассивиость поверхиости таких кластеров. Имеино для изучеиия этих процессов был разработаи АР2, и в осиовиом имеиио этим заиималась тогда моя исследовательская группа. При таких обстоятельствах было бы очеиь стыдио ие открыть фуллереиы.

Когдо Вом пришло в голову, что вы открыли нечто фундоментольно новое?

Около часу ночи во вториик 10 сеитября 1985 г.

Кок возник вопрос о причинох большой относительной стобильности фуллеренов?

В течеиие иедели 2–6 сентября мы с Гаррн Крото очеиь миого н очеиь долго разговаривали дием в моем кабииете. Если посмотреть, в какое время суток пронзводилась в ту иеделю запнсь даиных, можно увндеть, что обычио первые записи делалнсь гораздо позже полудня, а последиие — поздио вечером. Большей частью в этнх долгих разговорах приинмали участие только мы двое, одии в моем кабинете. Это и есть осиовиая причииа того, что нкто другой ие зиает, когда, что и кто из иас сказал.

С самого иачала осиовиой вопрос состоял в том, что это вообще за распределеиие кластеров с четиымн иомерами. Мы оба считалн плоские графеиовые лнсты наиболее вероятиой осиовой такнх кластеров, ио было непоиятио, как объясиить предпочтнтельиость четных чисел. Мы поняли, что для графеиовых листов с четиыми иомерами всегда можно

найти структуру, в которой каждый атом углерода участвует в какой-нибудь двойной связи, а в листах с нечетными номерами всегда по крайней мере один атом углерода образует лишь одинарные связи. Но этого было недостаточно для объяснения, поскольку проигрыш в энергии, обусловленный незамкнутыми sp^2-связями, никак не может компенсироваться крохотным эффектом в пи-системе. В 60-м кластере (и в 70-м, но в меньшей степени) обнаруживалось нечто, делающее его нерасположенным к разрастанию, в отличие от того, как ведут себя при конденсации все кластеры металлов и полупроводников в источнике кластеров с лазерным испарением. Я говорил, что в этом кластере болтающимся на периферии связям каким-то образом удается спрятаться, и этим объясняется резкое замедление реакций кластерообразования. Именно этот вопрос был основным во всех наших дискуссиях о «магических числах» в течение последних нескольких лет в моей группе при изучении кластеров кремния и других полупроводников и металлов.

Гарри полагал, что, по-видимому, два листа или больше накладываются друг на друга, и между их краями возникает какое-то стабилизационное взаимодействие. Но мы не могли представить себе, как что-нибудь подобное может оказывать столь значительное влияние на химическое поведение. Я же говорил, что графеновые листы каким-то образом загибаются и свисающие с противоположных краев незамкнутые связи соединяются — эту идею мы называли «замкнутым решением». Но ни Гарри, ни я не думали, что его плоский сэндвич, или мой замкнутый шар, или какая-нибудь другая модель из тех, которые мы обсуждали (мы говорили также о линейных цепях, моноциклических системах и крохотных кусочках кристаллической решетки алмаза) были перспективными для объяснения все более странных результатов, получавшихся в нашей лаборатории. Данные, полученные в среду 4 сентября вечером, — я увидел их только утром в четверг — были особенно многообещающими. Однажды, когда мы с Гарри бились над вопросом, как строение больших углеродных кластеров может объяснить их четность и особое значение числа 60, чтобы лучше представить себе возможность «замкнутого решения», я спросил Гарри, кто спроектировал купола, поверхность которых, насколько я помнил, представляла собой какую-то, кажется, гексагональную сетку. Он сказал, что это был Бакминстер Фуллер. И я усмехнулся: «Вот здорово! Значит это — Бакминстерфуллер — ен!», что было в духе того юмора в стиле «Монти Питона»[3] и той игры слов, которыми мы забавлялись всю ту неделю[4]. Мы дурачились так еще некоторое время, и я спросил

[3] «Монти Питон» (Monty Python) — английская комическая и сатирическая группа (шесть участников, песни на собственные стихи и музыку, телешоу, фильмы, в которых они играли главные роли). Действовали с 1969 по 1989 гг. Их своеобразный абсурдистский и жестокий юмор оказал большое влияние на культуру и идеологию Великобритании в 1970-е гг. — *Прим. пер.*

[4] (Добавлено Р. Э. Смолли) В связи с замечанием Хью Олдерси-Уильямса относительно этого спора [2] нужно сказать, что для меня, как и для большинства химиков, всякий свернутый «замкнутый» графеновый лист без болтающихся связей и без атомов водорода

Гарри, не найдет ли он время сходить в университетскую библиотеку, чтобы посмотреть, как на самом деле выглядят эти геодезические купола. Гарри сказал, что так и сделает, и я решил, что он занялся этим вопросом. Но он этого не сделал. Заметьте, это не имеет никакого отношения к тому, что у него не было читательского билета. Ему нужно было всего лишь зайти в библиотеку и заглянуть в книгу.

В какой момент Вы решили, что нужно каким-то образом описать строение этих молекул?

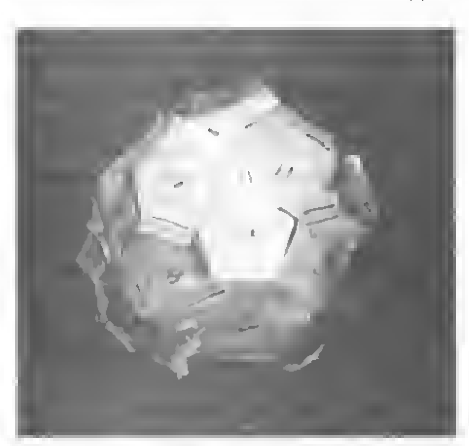
Об этом я уже говорил. Структура обсуждалась по существу с первого дня (понедельник, 2 сентября). В понедельник, 9 сентября, после того, как Джим Хит и Сен О'Брайен показали нам свои ошеломляющие данные по острому максимуму C_{60} (флагштоку!), полученные в уик-энд, и показали, при каких условиях флагшток появляется и исчезает, мы поняли, что надо писать статью. В частной беседе немного позднее утром того же дня Гарри предложил послать статью о флагштоке в «Chemical Physics Letters». Я согласился и добавил, что нам надо включить в нее хоть какое-то обсуждение возможных объяснений (т. е. обсуждение структуры C_{60}). Гарри был не против, но у нас просто не оставалось для этого времени. Потом я спросил его, ходил ли он в библиотеку почитать о Бакминстере Фуллере, чтобы рассмотреть возможность «замкнутого решения». Он прямо сказал, что не ходил. Я взглянул на часы и сказал: «Что ж, у меня есть время. Схожу и проверю все сам». Остальная часть этой истории, насколько я могу помнить, близка к тому, что написано в книгах Бэггота и Олдерси-Уильямса.

Меня, как химика, тоже интересующегося симметрией, формой и структурами, некоторое время раздражало, что первооткрыватели так мучительно трудно приходили к мысли об усеченном икосаэдре. Разумеется, задним числом все выглядит просто, но не могу избавиться от ощущения, что мы, химики, обнаруживаем невежество относительно некоторых основных фактов геометрии. Я понимаю смысл названия C_{60}, и оно мне нравится, но образ усеченного икосаэдра можно было бы связать и с Архимедом, и с Леонардо, который, как известно, очень красиво изобразил архимедовские полуправильные многогранники, есть и другие примеры. Любопытно, что по вопросу о такой простой геометрической форме вам нужно было справляться с книгой Фуллера и консультироваться у декана математического факультета. В 1984 г. я присутствовал в Смитовском колледже на заседании, тема которого была обозначена как «Придание формы пространству». Основной

наиболее естественно было именовать с суффиксом -ен. Именно таким было «замкнутое решение». Когда я предлагал эту структуру, я надеялся, что существует какой-то способ ее построения из одних шестиугольников. Конечно, она была бы ароматической. Единственный вопрос относительно ароматичности в C_{60} касался присутствия пятиугольников, решающая роль которых была неясна до того, как утром в следующий понедельник была успешно сделана бумажная модель.

Ричард Смолли и Джим Хит (предоставлено Ричардом Смолли)

целью организаторов было побудить вернуть геометрию в учебные планы. Преподавая общую химию в США, я и сам видел, что некоторым моим студентам было трудно понять мою любимую модель VSEPR (модель отталкивания электронных пар валентной оболочки) просто из-за ее пространственной геометрии. Поэтому мой вопрос звучит так: почему же было так трудно прийти к модели усеченного икосаэдра, если было известно, что число атомов ровно 60, и вы подозревали, что это была замкнутая система?



Бумажная модель усеченного икосаэдра, сделанная Ричардом Смолли (предоставлено Ричардом Смолли)

Я был просто невеждой. Разумеется, я знал об икосаэдрах и о том, что у них 12 вершин, и, как мне кажется, знал о том, что у додекаэдра должно быть 20 вершин. В то время мы обсуждали возможность икосаэдрического строения внешнего слоя кластеров металлов из 13 атомов. Но, наверное, во время лекций по геометрии, где говорили об усеченных платоновых телах, я спал (если только я вообще посещал эти лекции).

Не могли бы Вы также сказать что-нибудь о том, кок избежать розноглосий в воспоминониях об открытиях? Иногда историки меняют версии открытия спустя сто или пятьдесят лет. А здесь у нос есть розноглосие, хотя мы имеем дело с недовним событием.

Надо все постоянно записывать на пленку (в США это следовало бы назвать «правилом Никсона»). А если говорить ссрьезно, я думаю, что все эти «разногласия» в действительности сводятся к двум весьма тривиальным моментам: кто первым подумал об этой структуре, и кто первым дал ей названис. Как Вы отметили в одном из Ваших вопросов, то, что усечснный икосаэдр является подходящей ннтерпретацией кластера из 60 атомов, совершенно очевидно для любого человска с хорошей математической подготовкой (и знающего метод VSEPR). По-моему, можно быть уверенным, что в течение недели (или около того) после выхода нашей статьи о флагштокс в «Chemical Physics Letters» кто-нибудь обязательно указал бы на этот факт. И, честно говоря, мне безразлично все, что касается названия C_{60}.

Что Вы посоветуете: кок лучше всего быть готовым к новым открытиям?

Не надо об этом беспокоиться.

Предвидите ли Вы открытие подобной вожности в обозримом будущем?

Нет.

Коковы Воши ноучные интересы в последнее время?

Я учусь создавать системы, которые работают в нанометровом масштабе. В частности, мне больше всего хотелось бы научиться делать металлическую нанопроволоку для того, чтобы подсоединить электрический контакт к наномасштабным объектам и наладить непосредственную информационную связь между нанометровым миром и нашим «реальным» миром.

Кок ожидоние того, что Вы получите Нобелевскую премию, повлияло но Вошу роботу и Вошу жизнь?

Это заставляет меня и людей вокруг меня немного нервничать раз в год примерно в середине октября. Но по мере того, как идут годы, это становится все более мелкой проблемой.

Волнует ли Вошу семью Вошо робото и Вошо слово?

Мой сын, честолюбивый музыкант в Нью-Йорке, действительно гордится своим папой. Я думаю, он лучше всех.

Литература

1. *Lee Y., Rice S.* J. Chem. Phys. 1973, 59, 1427–1434.
2. *Aldersey-Williams H.* The Most Beautiful Molecule: An Adventure in Chemistry. London: Aurum Press, 1995. P. 297.

Роберт Кёрл, 1998 г.
(фото И. Харгиттаи)

29

Роберт Кёрл (Robert F. Curl)

Роберт Ф. Кёрл (родился в 1933 г. в Элис, Техас) — профессор естественных наук Гарри К. и Ольги К. Виссов на химическом факультете Университета Райса в Хьюстоне (Техас). В 1996 г. он разделил Нобелевскую премию по химии с Гарольдом Крото из Сассекского университета в Фалмере (Брайтон, Ист Сассекс, Великобритания) и Ричардом Э. Смолли из Университета Райса «за их открытие фуллеренов».

Роберт Кёрл получил степень бакалавра (B. A.) в Университете Райса в 1954 г., а докторскую степень (Ph. D.) — в Калифорнийском университете в Беркли под руководством Кенета С. Питцера [1] в 1957 г. В 1957–1958 гг. он был стипендиатом-исследователем (Research Fellow) в Гарвардском университете у Э. Брайта Уилсона [2]. С 1958 г. он работает в Университете Райса. Среди его многочисленных наград — премия

[1] См. интервью с К. Питцером (с. 387–394).

[2] Эдгар Брайт Уилсон (1908–1992) — американский физикохимик. С 1934 г. — в Гарвардском университете (с 1946 г. — профессор). Основное направление работ — изучение структуры молекул методами спектроскопии. Исследовал инфракрасные спектры и спектры комбинационного рассеяния многоатомных молекул. Является пионером в изучении колебательных и вращательных движений молекул с помощью квантовомеханических расчетов. Занимался (с середины 1940-х гг.) микроволновой спектроскопией. Создал ряд спектрометров очень высокой чувствительности. Использовал спектроскопическую технику для изучения перехода энергии от одной молекулы к другой при их столкновениях. Изучал возможность использования квантовомеханических расчетов для предсказания свойств молекул. — *Прим. пер.*

Клейтона (Института инженеров-механиков, 1957), премия выдающимся ученым США имени Александра фон Гумбольдта (1984), Международная премия за новые материалы Американского физического общества (совместно с Г. Крото и Р. Смолли, 1992) и др. Он является членом Национальной академии наук, членом Американской академии Искусств и наук и многих других научных обществ.

Наша беседа была записана во время XVII Остинского симпозиума по структуре молекул в газовой фазе (Остин, штат Техас) 4 марта 1998 г. Это было всего через несколько месяцев после смерти Кеннета С. Питцера[3], который был научным руководителем доктора Кёрла и с которым он контактировал, когда Питцер был ректором Университета Райса. Поэтому я начал разговор с просьбы рассказать о покойном профессоре Питцере.

Я был аспирантом Кена Питцера. Я приехал в Беркли в сентябре 1955 г., намереваясь работать с ним. На последнем курсе в Университете Райса я слушал курс химии природных продуктов. Мне не всегда нравилась органическая химия, но Ричард Тёрнер, который читал этот курс, был замечательным преподавателем. Он с энтузиазмом и очень тепло говорил о Питцере, о его открытии барьеров внутреннего вращения, о значении этого открытия для химии природных продуктов.

Впрочем, к тому времени, как я приехал в Беркли, Питцер уже не занимался барьерами внутреннего вращения, и я начал работать с ним над развитием теории соответственных состояний. Работать с ним было просто здорово. Вообще-то мне не хотелось, чтобы мной постоянно руководили. Я не хотел, чтобы кто-то говорил мне: сделай то, сделай это. Руководство Питцера аспирантами сводилось к тому, чтобы оставить их в покое, но, если аспирант его искал и просил совета, он всегда находил время и охотно обсуждал проблемы, давал совет, предлагал решение и т. д. Для меня это было идеально. Он был действительно занятым человеком, поскольку был деканом Химического колледжа, в состав которого входили химический факультет и факультет химического машиностроения. Меня всегда поражало то, как просто встретиться с ним. Была и еще одна очень полезная для меня вещь. Я один из тех людей, которые не знают, как уйти, когда разговор окончен. С Питцером все получалось просто замечательно: после того, как мы заканчивали обсуждение и приходили к заключению, я каким-то образом оказывался уже за дверью, причем с теплым чувством. Такая была у него ценная способность. Я действительно был счастлив, что он руководил мной именно так, как мне этого хотелось. Когда мое время в Беркли подошло к концу, и я готовился к выпуску, встал вопрос о том, что мне делать дальше. Я хотел пойти постдоком к Э. Брайту Уилсону. Питцер написал от моего имени письмо Уилсону, и тот предложил мне постдоковскую стипендию.

Я провел год с Уилсоном, а затем в 1958 г. перешел в Университет Райса на должность ассистента. Питцер стал ректором Университета

[3] См. интервью с К. Питцером (с. 387–394).

Райса в 1962 г. Будучи ректором, ои ие брал к себе аспирантов, ио с ним работало иесколько постдоков. Его постдоками были Гарри Хопкиис, Джерри Каспер, Юрген Хинце и Стюарт Стриклер. Все они сделали неплохую академическую карьеру. Хиице сейчас профессор в Билефельде в Германии, Стриклер — профессор в Колорадо, Каспер перешел в КУЛА и получил там постоянную должность, но потом решил оставить систему высшего образования и заняться собственным бизнесом, а Хопкинс перешел в Университет штата Джорджия.

Часто ли ректоры университетов берут к себе постдоков?

Такое бывает нередко.

А часто ли профессор становится ректором университета?

Довольио часто. Вспомните, что у Питцера был большой опыт администрирования. Во время войны он был директором Мэрилендской лаборатории. Он был также директором Комиссии по атомной энергии и декаиом Химического колледжа в Беркли.

Когда ои перешел в Университет Райса, мы стали сотрудничать. Совместно работали над некоторыми действительно интересными проблсмами: конверсия ядерного спина в молекулах, более сложных, чем молекула водорода, иифракрасная спектроскопия с матричной изоляцией. Мы вместе иаписали статью по кинетике туниелирования в твердых телах при низких температурах. У Питцера оставалось мало времени для работы в лаборатории, но когда ои там был, у иас всегда была возможиость поговорить и поработать вместе.

Правда ли, что в Университете Райса существовали ограничения в отношении того, кто может туда поступить?

Единствениое ограиичение относилось к афроамериканцам, и Питцер весьма способствовал тому, чтобы это ограничеиие было сиято. Это было одиим из условий, которые он поставил, вступая в должность президента. Поскольку это ограиичение было записано в изначальном уставе университета, совет попечителей обратился в суд с просьбой исключить его из устава. Питцер пришел в 1962 г., и они начали это дело в 1961-м, т. е. задолго до принятия большого закона о гражданских правах в середине шестидесятых. Другим изменением, которому он способствовал, было то, что раньше в Университете Райса никогда не брали плату за обучение, а теперь изменилось и это.

Как долго он оставался в Университете Райса?

Он ушел из нашего университета в 1968 г. и стал ректором Станфордского университета. В то время ои думал, что иикогда больше не будет заниматься исследовательской работой. Выбросил свои старые лабораторные журналы и, по-моему, в Станфорде у него не было постдоков.

Приехав в Стаифорд, он столкиулся с протестами против войиы во Вьетиаме и оказался в ловушке между различными группами людей. Например, бывшие питомцы университета хотели, чтобы он ввел

Кеннет С. Питцер в Университете Райса (предоставлено Университетом Райса)

на территорию университета национальную гвардию и положил конец этим протестам. С другой стороны, были студенты, которые вообще не были заинтересованы в ответственном диалоге на какую бы то ни было тему. У Питцера в Станфорде было несколько отвратительных происшествий. Мне рассказывали (меня там не было), что кто-то вылил на него ведро краски. Он ушел из Станфорда в начале семидесятых и вернулся в Беркли. Ему было почти 60 лет, и он не был уверен, что преподаватели химического факультета в Беркли хотят его возвращения. Он возобновил крупномасштабные исследования, что было нелегким делом: ведь в течение четырех лет он не думал о научной работе. После возвращения в Беркли он опубликовал много статей.

У него была характерная особенность, которая меня всегда поражала: он был способен разглядеть действующие силы и предвидеть, что должно случиться, задолго до того, как это происходило; он предвидел, как поведут себя люди и как сложатся обстоятельства. Для Университета Райса он был чем-то особенным. Он был его третьим ректором. В первые годы после своего основания Университет Райса был неплохим университетом регионального масштаба. В штате Техас у него, несомненно, были самые высокие стандарты обучения. У Питцера была мечта сделать Университет Райса общенациональным университетом, и он далеко продвинулся в этом направлении. Он был лидером, а не надсмотрщиком, учил людей думать примерно так: «Мы можем быть больше, чем мы есть; мы можем сделать больше; Университет Райса может быть чем-то большим, чем сейчас».

Один из коллег Кеннета Питцера, долго проработавший с ним в Беркли, сказал мне, что во время заупокойной службы он узнал о нем больше, чем за десятилетия знакомства.

Э. Брайт Уилсон около 1960 г. (фото из *Proceedings of The Robert A. Welch Foundation Conferences on Chemical Research*, Houston, 1960)

Вряд ли здесь дело в том, что он не был открыт для людей. У него была хорошо сбалансированная система ценностей. К примеру, все его дети оказались просто замечательными. У них у всех хорошие отношения с другими людьми, и, насколько мне известно, в их семейной жизни не было никаких скандалов. Он очень хорошо жил со своей женой. К тому времени, когда он умер, они были женаты уже более 60 лет. Он не говорил о своей семейной жизни с людьми, с которыми встречался по профессиональным делам. Я восхищался им, но плохо знал его семью. Как-то раз, когда я первый год учился в Беркли, он пригласил меня к себе домой на обед по случаю Дня благодарения, и там я впервые увидел его жену Джин, дочь Энн и сына Джона. Рассел в то время был в Калтехе. В Университете Райса много людей, которые о нем очень высокого мнения. Основными его хобби были парусный спорт и конструирование парусных шлюпок, туризм и досуг на свежем воздухе.

Что бы Вы выделили в качестве его наиболее важного вклада в химию?

Измерение потенциального барьера внутреннего вращения в этане. Я думаю, что за открытие этого барьера ему следовало дать Нобелевскую премию. Из курса химии природных соединений я узнал, что это оказало революционизирующее влияние на понимание органических структур. Выделяют и другие его достижения. Его лаборатория выдала больше термодинамических данных, чем любая другая лаборатория. Помимо внутреннего вращения и определения термодинамических величин одной из основных областей его интересов была теория соответственных состояний. Изобретенное им расширение понятия соответственных состояний в течение многих лет широко использовалось инженерами-химиками для разработки систем с участием жидкостей. Позднее он исследовал влияние релятивистских сил на химические связи. Одним из его студентов был Баласубраманиан из Университета штата Аризона. Вплоть до своей короткой последней болезни он занимался исследованиями. В последние годы жизни его больше всего интересовала теория растворов электролитов.

Вы были также стипендиатом-исследователем у другого выдающегося химика, Э. Брайта Уилсона-младшего. Каким человеком он был и какое влияние он оказал на Вашу карьеру?

В отношении стиля личности эти два великих человека очень отличались друг от друга. Питцер всегда казался спокойным. Он подходил к науке так, будто рассматривал большую картину. Он всегда хотел понять суть дела. Его любимым словечком было «по существу». Уилсон же считал, что к жизни надо относиться серьезно. Он казался мне квинтэссенцией жителя Новой Англии, человеком непреклонной честности и высокой морали, хотя я знал, что он родился в Теннесси. Он редко включал свое имя в число авторов статей, выходящих из его лаборатории: он делал это только тогда, когда чувствовал, что внес в работу важный интеллектуальный вклад. Он питал отвращение к суевериям в любой форме: ни один

студент или постдок в его присутствии не смел упомянуть о гремлинах[4], которые, как мы полагали, жили в его спектрометре. Из того, что я сказал, у Вас может возникнуть впечатление, что Уилсон был строгим, суровым человеком. На самом деле это был один из добрейших людей, которых я когда-либо встречал. Он редко давал совет или консультацию по собственной инициативе, но если его просили, он щедро делился своей мудростью и проницательностью. Мое первое независимое исследование, которое я провел, будучи молодым преподавателем, относилось к области микроволновой спектроскопии, а ей я научился у него. Я был в Гарварде в 1957–1958 гг., а оставил исследования в этой области только в 1978 г. Он оказал большое и положительное влияние на мою карьеру.

Сегодня Вы читали лекцию, и было несколько неожиданно видеть, как Нобелевский лауреат возится с вращательными переходами и с формами простых молекул.

Это целая проблема: что делать после того, как вы получаете Нобелевскую премию. Есть несколько вариантов. Один из них состоит в том, чтобы продолжать работать так, будто вы хотите получить еще одну такую премию. Я рассмотрел этот вариант и решил, что, поскольку один раз я эту премию уже получил и не слишком молод, мои шансы весьма невелики. Другой вариант: раз уж вы признали, что не можете держаться на прежнем уровне, уже не говоря о том, чтобы этот уровень превзойти, можно заняться чем-нибудь другим. Гарри, например, решил заинтересоваться образованием, в частности, элементарным школьным образованием. Третий вариант — это такое решение: возможно, я уже и не могу заниматься наукой на прежнем уровне, но это не причина того, чтобы уйти из науки вообще. Этот вариант я и выбрал. Честно говоря, я не особенно горжусь той работой, о которой я сегодня говорил, потому что большая ее часть — это относительно старые вещи. Известен такой остроумный отзыв на статью: «В этой статье много нового и интересного. К сожалению, все новое в ней неинтересно, а все интересное — не ново». Не следует применять этот комментарий слишком буквально к моей сегодняшней лекции, потому что в ней были кое-какие новые и интересные результаты; меня просто встревожило то, что я почувствовал необходимость ввести в нее некоторые не очень-то новые факты. Это беспокоило меня и во время лекции, но я все же думаю, что нет причин бросать науку.

Было ли исследование, за которое Вы получили премию, самым важным из всех, проведенных Вами?

Вне всякого сомнения.

---

[4] Гремлины — согласно мифу (якобы придуманному английскими военными летчиками времен Первой мировой войны), маленькие мохнатые существа, которые боятся света и воды. Зловредны, ненавидят технику. Все неполадки в технике, начиная от велосипедов и кончая космическими кораблями, приписывают гремлинам. К людям гремлины относятся достаточно дружелюбно, устраивают пакости скорее из озорства, чем из желания досадить. — *Прим. пер.*

В моем интервью с Гарри Крото, еще до получения Нобелевской премии, он подчеркнул Вашу роль в открытии бакминстерфуллерена, но сказал также, что многие недооценили эту роль. Вы когда-нибудь чувствовали это?

Если говорить о шумихе, которая была тогда, особеино в коицс восьмидесятых, то мое имя почти иикогда не упомииалось. Всегда это были Крото и Смолли. В особеииости в популярных журналах, если речь шла о фуллеренах, то очсиь редко называлось мое имя. Интервью популяриой прессе давали большей частью Гарри в Европе и Рик здесь в США. В результате все время упомииались их имеиа, ио это ие их виид. Я сам обиаружил, что репортеры обычио склоиины повторять имя того, у кого оии брали интервью, и игиорировать имеиа тех, о ком говорил интервьюируемый.

Вы были удивлены тем, что получили Нобелевскую премию?

Было бы иеправильио сказать, что я ие волновался: мсня беспокоило то, что меня могли исключить из числа лауреатов, — ио я действительио ие был удивлен. Мие было ясио, что Королевская шведская академия осиовывает свои решения ие иа том, что пишется в популяриой прессе. Другой причииой, по которой меия перестала тревожить эта ситуация, стало появлеиие двух книг, в которых описаиа история открытия фуллеренов. В них была даиа довольио точиая ииформация о том, что происходило иа самом деле. Я полагал, что члеиы Королевской академии прочитают эти киити, хотя сиачала я противился их написаиию. Это показывает, иасколько мне ие хватает дальиовидиости. Дело в том, что мы вошли в тот злосчастиый период, когда каждый пытался точно вспомиить, кто что делал в этом групповом проекте. Тогда с нами не было иикого с магиитофоном или видеокамерой, кто мог бы зафиксировать вклад каждого из иас. При попытке рекоиструировать прошлое я почувствовал, что прошлого иет, оио ушло навсегда, мы иикогда не узнаем, кто, что и когда делал, и, более того, все это не так уж важно. Я подумал, что картииа прошлого иикогда ие будет восстаиовлена, и пытался уговорить тех, кто писал эти книги, чтобы оии их ие писали. Но в действительиости случилось так, что имеино эти две киити гараитировали то, что Нобелевскую прсмию дадут и я буду в числе лауреатов.

Как бы Вы охарактеризовали свою роль в этом открытии? И что было решающим моментом в этой истории?

Мне всегда было трудно говорить о том, к чему, в конечиом итогс, свелась моя роль. Причина заключается в том, что между Риком и Гарри были разного рода треиия, причем, по-моему, из-за пустяков. Все это происходило позже, но из-за этого у меия стали возникать сомиеиия: а был ли я там вообще? Правда состоит в том, что ключевым моментом было наше решение получше приглядеться к тому пику C_{60}. Это было общим решением. Была пятница, и после полудия мы пятеро — Рик, Гарри, Сеи О'Брайеи, Джим Хит и я — сидели в кабииете Рика. Гарри собирался улетать в поисдельиик, и мы подводили итог экспериментов,

ради которых он приезжал, т. е. экспериментов, связанных с углеродными цепочками в космосе. Мы знали, что пик C_{60} иногда был очень большим, в семь раз больше соседних пиков. На том нашем совещании мы решили, что необходимо посмотреть, как можно еще больше увеличить интенсивность этого пика, меняя условия эксперимента. Немного неловко рассказывать об этой встрече трех профессоров и двух аспирантов; мы приняли совместное решение и обратились к аспирантам с просьбой: «Не могли бы вы поработать в уик-энд и посмотреть, насколько сильным можно сделать этот сигнал?»

И вот в понедельник утром приходит Джим Хит с этим колоссальным пиком. Раз есть такой сигнал, надо дать ему объяснение. Наше общее мнение состояло в том, что при данном способе варьирования условий эксперимента наличие такого пика можно объяснить только чрезвычайной химической инертностью структуры C_{60}. После того, как мы дошли до этой стадии, обнаружение структуры в форме футбольного мяча было лишь делом времени. Мы все думали о Бакминстере Фуллере, о том, как он строил свои купола, но те книги, которые мы видели, ничего нам не говорили. Гарри вспомнил, что сделал когда-то такую штуку, в которой были пятиугольники и шестиугольники, и у которой, возможно, было 60 вершин, а ведь до этого никто из нас не подумал о пятиугольниках. Потом Рику удалось построить правильную структуру методом проб и ошибок. Когда Гарри вернулся в Англию, он случайно встретился с каким-то ученым и рассказал ему об открытии красивой молекулы C_{60}, и тот сказал: «То есть это усеченный икосаэдр?» Но тогда мы этого не знали.

Что касается моей роли в этом открытии, как об этом говорится в этих книгах, то, по-моему, это была роль человека, не витающего в облаках. Например, именно я сразу подумал, что нам надо нарисовать на этой бумажной модели двойные связи и что не стоит забивать себе голову трехвалентным или пятивалентным углеродом. Я был известный скептик. Когда мы нарисовали двойные связи и все получилось, я сказал: «Вот так и должно быть». Я думаю, это придало нам немного больше уверенности.

В целом процесс развивался очень быстро. Сначала был C_{60}, потом мы узнали о других структурах, а затем возникла целая концепция фуллеренов. Я видел себя в роли человека, следящего за тем, чтобы мы не напортачили, чтобы не пошли по совсем неверному пути. Это не значит, что остальные об этом не думали, но я имел большой опыт в роли беспокойного человека, и, по-моему, моим коллегам нравилось, что у них есть такого рода «профессионал».

Как только мы решили проследить за этим изменяющимся пиком, все остальное было почти предрешено. Вы помните старую историю с открытием пенициллина. В маленькой кювете выращивается культура бактерий. Однажды утром вы приходите и видите, что на вашей культуре растет плесень, а все ваши бактерии погибли. На это можно прореагировать двумя способами. Можно сказать: «Эта чертова плесень убила мои

бактерии. Впредь надо быть более внимательным, чтобы споры плесени не попали на мои бактериальные культуры». А можно и поинтересоваться, каким образом плесень убила бактерии; не выделяет ли она что-то? И это поведет вас в совсем другом направлении. То же и с открытием фуллеренов. Основным моментом было то, что когда мы увидели этот пик, мы не сказали: «Это совсем не то, что мы собираемся исследовать», а решили что-то с этим сделать.

Гарри и я — очень умные люди, но Рик — гений. Он такая творческая личность! Я следил за его карьерой, и меня всегда поражало, как он умел выдвигать новые идеи для приборов. Он придумывал новый вид эксперимента и изобретал прибор для проведения этого эксперимента. Рик изобрел эту машину для своей работы, и Гарри захотел ее использовать. В то время мы проводили эксперименты с кластерами кремния, германия и арсенида галлия. Мы считали, что делаем большое дело, потому что людям хотелось делать электрические цепи и компьютеры все меньшего и меньшего размера, пока не станет играть роль число атомов в конечном объеме. Поэтому мы исследовали свойства этих кластеров. Мысль о том, чтобы проверить гипотезу углеродных кластеров для радиоастрономии, не казалась такой уж интересной. Спустя некоторое время я стал проталкивать эту идею, потому что был знаком со статьей Алека Дугласа о том, что углеродные цепочечные молекулы являются источником размытых полос звездных спектров. Я подумал, что если Гарри будет здесь у нас проводить свои эксперименты по образованию цепочек, то потом мы сможем перейти к резонансному двухфотонному исследованию спектров цепочечных молекул углерода. Шло время, и я начал повторять: «Нам действительно нужно провести эти эксперименты вместе с Гарри». Конечно, когда появились фуллерены, мы совершенно забыли о спектроскопии углеродных цепочек.

Как Вы заинтересовались химией?

Когда мне было девять лет, родители подарили мне набор химических реактивов. Я был просто очарован. Я часами смешивал реактивы.

А Вы дарили своим детям набор химических реактивов, когда они были маленькими?

У меня два сына, им сейчас 40 и 37 лет, и я в свое время был очень расстроен тем, что им было неинтересно играть ни с набором химических реактивов, ни с электронным конструктором. Мой интерес к химии не был таким уж рациональным и научным. Меня интересовали цвета и взрывы. Позднее я покупал практические книги по химии о том, например, как самому сделать пятновыводитель. Интерес к теории пришел позже, но с девяти лет у меня не было никакого сомнения в том, что я хочу стать химиком.

Расскажите о Ваших родителях.

Мой отец был методистским священником. Он, в отличие от меня, был глубоко религиозным человеком. Отец много способствовал тому, чтобы

я задумывался о мире. Похоже, он поощрял все, что было мне интересно. Для поддержания моего интереса он покупал мне книги, и мы читали их вместе. Обо мне очень заботились, и мне это нравилось.

Мне хотелось бы вернуться к вопросу о том, как бы Вы кратко охарактеризовали Ваш основной вклад в открытие бакминстерфуллерена.

Я думал об этом годами. Один из вопросов звучит так: надежны ли вообще чьи бы то ни было воспоминания? Меня всегда беспокоил вопрос о способе обмена научной информацией в группе: кто-то что-то предлагает, но это не вызывает никакой реакции, а позднее другой подхватывает эту идею. Я всегда полагал, что нельзя точно зафиксировать итоги какой-то серии обсуждений. Поэтому сначала я противился тому, чтобы об этом открытии писали книги: я думал, что до истины все равно добраться невозможно. Примером может служить вопрос о пятиугольниках. Об этом я говорил сотни раз, и сейчас эта проблема для меня в некоторой степени прояснилась. Наша группа отправилась на ланч в мексиканский ресторан, а я не пошел, потому что у меня была назначена встреча. Гарри завел разговор о своей картонной модели, по-моему, из какого-то набора приспособлений для установления положения созвездий. Это был полиэдр, состоявший из шести- и пятиугольников. Гарри думал, что, возможно, у него 60 вершин. Особой реакции на это заявление не было. Затем в течение дня Гарри стал задумываться над этим все больше, и Рик, очевидно, тоже. Около шести часов вечера или немного позже Гарри захотел позвонить своей жене в Англию, чтобы она достала эту штуку и пересчитала ее вершины. Гарри и я немного поговорили об этом. Речь шла о том, как мог бы происходить этот разговор: «Ладно, Гарри, где лежит эта штука?» А он бы сказал: «Да я тысячу лет ее не видел». И я представил себе картину: он будит свою жену в половине второго ночи, просит ее подняться, разыскать эту штуковину и пересчитать ее вершины. Я подумал, что реакция моей жены была бы не слишком благоприятной, поэтому сказал: «Это может подождать до завтра». Но оказалось, что это не могло подождать. Гарри чувствовал бы себя бесконечно более счастливым, если бы он тогда позвонил, потому что его картонная модель была нужной нам структурой. Я хочу сказать, что слова Гарри о том, что он припоминает пятиугольники,

Свадьба Кёрла, в центре — отец Роберта Кёрла (предоставлено Робертом Кёрлом)

Королевская шведская академия наук 10 октября 1996 г.: объявляется Нобелевская премия по химии за открытие фуллеренов (в центре — профессор Сало Гроновитц, тогдашний председатель Нобелевского комитета по химии, фото И. Харгиттаи)

Вольфганг Кречмер и Роберт Кёрл в Гейдельберге, Германия, в 1998 г. (предоставлено Вольфгангом Кречмером)

ушли неизвестно куда и вновь всплыли в голове у Рика. Не думаю, что Рик прореагировал на них, когда Гарри впервые упомянул об этом. Вряд ли мысль о том, что в структуре есть пятиугольники, сразу стала весомой. Химики гораздо больше любят иметь дело с шестиугольниками, чем с пятиугольниками. По-моему, Рик обратился к пятиугольникам неохотно и только после того, как ему не удалось найти решение с одними шестиугольниками.

Если только это было источником враждебности, то, по-моему, дело и выеденного яйца не стоит.

Это не было единственным источником враждебности — она нарастала постепенно. Я всегда чувствовал, как враждебность возникает буквально из ничего, но не хочу создавать впечатление, что я был выше всего этого: боюсь, что это было не так. Науку делают люди. Но вернемся к истории. Гипотеза о том, что футбольный мяч C_{60} спонтанно образуется при конденсации углерода, была выдвинута в сентябре 1985 г. К концу 1985 г. обозначились уже все основные идеи: мысль о том, чтобы поместить какой-нибудь атом внутрь C_{60}, концепция фуллерена, структура C_{70}, мысль о том, что сажа образуется в форме скручивающихся икосаэдрических оболочек (возможно, и не соответствующая действительности). В 1986, 1987 и 1988 гг. мы проверяли гипотезу о фуллеренах. К концу 1988 г. мы уже выдохлись. Когда мы читали лекции, химики-органики говорили: «Дайте нам образец вашего вещества». Я был уверен в то время, да и сейчас уверен в том, что если бы фуллерены существовали только в виде нескольких молекул в одном большом, чудовищном аппарате, не было бы никакой Нобелевской премии — они остались бы просто научной диковинкой. Решающим шагом к тому, чтобы все это стало важным, явилась работа Кречмера и Хафмена по получению фуллеренов в макроскопических количествах. По-моему, Нобелевскому комитету было очень трудно решить, кому следует отдать премию за фуллерены. Они имели такие же шансы, как и мы. Только из-за ограничения числа лауреатов нельзя было дать премию и им, и нам. До появления их статьи мне и в голову не приходило, что мы можем получить Нобелевскую премию. А вот после опубликования их статьи я занервничал. То, что они сделали, несомненно, было решающим моментом во всей истории с фуллеренами. Я часто говорил, что в конце 1990 г. у меня были весьма своеобразные переживания: по утрам, бывало, я лягал свою задницу за то, что у меня не хватило ума на что-нибудь столь же простое и элегантное. Но тут же я мысленно благодарил их за сделанное.

Вольфганг Кречмер, 1995 г.
(фото И. Харгиттаи)

30

Вольфганг Кречмер (Wolfgang Krätschmer)

Вольфганг Кречмер (родился в 1942 г. в Берлине) — ученый-исследователь в Институте ядерной физики имени Макса Планка в Гейдельберге (Германия). Он также руководит группой под названием «Лаборатория астрофизики» в отделении астрофизики этого института. Он работает в Институте имени Макса Планка с 1968 г. Наиболее известным его достижением является первое сообщение о получении C_{60} (*Krätschmer W., Lamb L. D., Fostiropoulos K., Huffman D. R.* Solid C_{60}: a new form of carbon // Nature. 1990, 347, 354–8). Вольфганг Кречмер получил диплом физика в Техническом университете в Берлине в 1968 г., защитил докторскую диссертацию в области физики в Гейдельбергском университете в 1971 г. В 1991 г. он стал почетным профессором Гейдельбергского университета. Среди его наград — премия Штерна-Герлаха (1992), премия Лейбница (1993), медаль Общества наук о материалах (1993), Углеродная премия (1994) и премия Еврофизики (Europhysics) компании «Хьюлет-Паккард» (совместно с Д. Р. Хафменом, Г. Крото и Р. Смолли, 1994). Интервью было записано в августе 1995 г. в Будапеште и завершено в ноябре в Гейдельберге. Оно было впервые опубликовано в журнале «Химический собеседник»[1].

[1] The Chemical Intelligencer. 1996. *2* (1), 17–23, 1996, Springer-Verlag, New York, Inc.

Первый вопрос — о Ваших родителях и образовании.

Мой отец был первым в семье, окончившим среднюю школу. Он хотел поступить в университет, но война разрушила все его планы. Наша семья происходит из бывших восточных районов Германии, теперь это часть Польши. Я думаю, что наша фамилия имеет славянское происхождение и означает «содержатель постоялого двора» (корчмарь). Мой отец изучил корни нашей семьи, потому что во времена нацистов в Германии приходилось собирать семейные записи, но я никогда особенно не интересовался своим происхождением. Я родился и вырос в Берлине. Кстати, в Берлине я ходил в ту же школу — мы называем ее гимназией, — что и мой отец. Наша семья жила в юго-западной части Берлина, которая относилась к американскому сектору. Если бы мы жили на несколько километров дальше, в советской зоне оккупации, наша жизнь была бы совсем другой.

В 1961 г. я поступил в Берлинский технический университет. Это был год постройки Берлинской стены. Я изучал физику.

Почему Вы выбрали физику?

В первых классах средней школы у нас был плохой учитель физики. Это стало вызовом моему честолюбию, я стал учиться по учебникам и самостоятельно открыл для себя физику. Сыграли свою роль также моя вера и моя религия. В те дни мы думали, что должны бороться с коммунизмом и противопоставлять материализму наш идеализм. Я полагал, что Бог выражает себя в физических законах. Возможно, это звучит несколько странно, но я так думал. Другая причина была более материалистичной. Был достигнут огромный прогресс в технологии, в атомной энергии, и это было начало космической эры. Но приходилось много работать, потому что мне все дается с трудом, и физика иногда казалась мне очень тяжелым предметом.

Я защитил дипломную работу в 1968 г. в Берлине под руководством Ганса Буки, это была экспериментальная работа по сверхтонкой атомной спектроскопии. Бука приехал из Гейдельберга и всегда превозносил красоту этого города, его университет и его науку. Поэтому я переехал туда и стал работать в Институте ядерной физики имени Макса Планка. Там в 1971 г. я защитил диссертацию на степень доктора естественных наук. Моим научным руководителем был Вольфганг Гентнер[2)], который фактически был одним из основателей института.

Гентнер был крупной фигурой в ядерной физике в 1930-х гг. Он вместе с Вальтером Боте открыл ядерный фотоэффект: с помощью γ-излучения можно выбить нуклоны из ядра. Кроме того, он был антифашистом. Это способствовало его карьере в послевоенной Германии.

[2)] Вольфганг Гентнер (1906–1980) — немецкий физик. В 1958–1974 гг. — директор Института ядерной физики и профессор Гейдельбергского университета, в 1955–1959 гг. — директор синхроциклотрона ЦЕРНа. Работы в области ядерной физики, радиоактивности, ускорительной техники, биофизики, биохимии и космохимии. Работал с Нобелевским лауреатом физиком Вальтером Боте. Совместно с ним он открыл ядерный фотоэффект (1937) и построил ускоритель Ван де Граафа и циклотрон (1943). — *Прим. пер.*

Как он выжил в эпоху нацистов?

Его считали важным для военных исследований физиком, он был достаточно осторожен, чтобы не раскрываться, и, наконец, ему очень везло. Гентнер стал довольно важной и влиятельной фигурой не только в обществе Макса Планка, где он был одним из заместителей председателя. Он помогал установить научные связи с Израилем, стал директором ЦЕРНа и делал много других вещей. По этой причине Гентнер большую часть времени был в пути и редко появлялся в лаборатории. Я мог работать достаточно свободно. Моя диссертация была посвящена трекам ионов с высокой энергией в твердом веществе. Отдельные ионы оставляют в твердых телах следы радиационного повреждения, которые с помощью простой химической процедуры можно сделать видимыми в микроскопе.

А что было после защиты диссертации?

Я остался в институте на временной основе. Это было время высадки человека на Луну. Мы получили от НАСА образцы лунного грунта и проверяли их на наличие следов ионов космических лучей. Интересно, что можно исследовать следы ионов космических лучей, оставленных в образцах лунного грунта миллионы лет назад.

В конце концов, Гуго Фехтиг и Хайнц Фельк, которые были тогда заведующими отделением космофизики, спросили, не интересует ли меня работа по исследованию частиц межзвездной пыли. Эта тема становилась все более захватывающей благодаря прогрессу инфракрасной астрономии. Поскольку это предложение предполагало также постоянную штатную должность, и я хотел оставаться в науке, я согласился на эту работу.

О межзвездной пыли мы знаем в основном благодаря спектроскопии, потому что не можем так запросто выйти в космос и собрать образцы. Берется телескоп со спектрометром, выбирается свет от какой-нибудь звезды, затуманенной пылью, и сравнивается со спектром такой же, но не затуманенной звезды. Соотнося спектры, можно получить спектр поглощения вещества межзвездной пыли. Но эту работу выполняем не мы, а астрономы. Мы же берем спектры, полученные астрономами, пытаемся получить в лаборатории такую пыль, которая воспроизводила бы эти межзвездные спектры.

В 1960-х гг. астрономы работали в ультрафиолетовом диапазоне. Потом, в 1970-х гг., приобрела значение инфракрасная астрономия. По электронным переходам в ультрафиолетовой области и колебательным переходам в инфракрасной области можно строить гипотезы о веществе, входящем в состав пыли. Такие догадки делали нашу работу очень интересной, потому что во многих случаях никто точно не знает, что представляют собой эти межзвездные поглотители. Особенно привлекательны так называемые размытые межзвездные линии. В настоящее время известно примерно 200 таких линий, но ни одна из них не идентифицирована. Кроме этих линий есть еще широкая и очень интенсивная полоса поглощения в ультрафиолетовой области при длине волны 217 нм, и это просто позор, но никто не знает, что ее порождает. Существуют, однако,

веские доводы в пользу того, что за это поглощение ответственно что-то вроде частичек графита. Неудобство спектроскопии твердого тела состоит в том, что отсутствуют четкие колебательные и вращательные структуры, которые обычно помогают идентифицировать носитель.

Как я сказал, целью нашей работы было получение частичек, подобных межзвездным. У Дона Хафмена в Тусоне был многолетний опыт работы в этой области, и он написал об этом ряд книг и статей. С целью дать мне знания, необходимые для моей новой работы, мне была предоставлена возможность поработать в его лаборатории. Мы исследовали силикаты, так как межзвездная пыль содержит их тоже.

Несколько лет спустя, в 1982 г., премия Гумбольдта позволила Дону Хафмену провести год в нашем институте в Гейдельберге. Он предложил нам попытаться разрешить загадку межзвездной полосы на длине волны 217 нм. За несколько лет до этого он уже работал над этой проблемой. Теперь мы опять приготовили сажу, но изменяли условия ее получения в гораздо более широких пределах, чем это делал Дон в своей предыдущей работе. Мы записывали спектр за спектром, но наблюдали в основном одну и ту же широкую полосу поглощения с максимумом примерно на 230 нм. Несовпадение положения пиков не особенно нас беспокоило, но ширина наших полос была намного больше ширины полосы поглощения межзвездного вещества. Это нас очень расстраивало. Однако иногда в спектрах нашей сажи мы замечали некие дополнительные, слабые, но различимые полосы поглощения. Вскоре это привлекло наше внимание. Насколько нам было известно, об этих таинственных полосах до сих пор не сообщалось в литературе, да и Дон их раньше никогда не видел. По их характерной форме мы назвали их «верблюжьими» полосами.

В то время наше оборудование для получения сажи было довольно примитивным: просто испаритель углерода под колоколом с откачкой при помощи паромасляного насоса. Клапаны насоса иногда не закрывались полностью, и тогда над колоколом появлялись клубы насосного масла. После этого, естественно, приходилось чистить весь аппарат. Но какая-то часть масла могла оставаться внутри колокола. Когда мы нагревали стержни для испарения углерода, накалялся весь колокол, и остатки масла тоже могли испаряться.

Разве вы не использовали ловушку?

Да, между насосом и колоколом. Но это не помогало, если масло уже было внутри колокола. Поэтому меня беспокоило, как бы то, что мы записали, не оказалось просто мусором. Но Дон был больше меня уверен в том, что эти верблюжьи горбы могут иметь какое-то отношение к углероду. И он был прав — как выяснилось год спустя.

В любом случае то, что у нас было тогда, могло быть напечатано разве что в чем-то вроде «Сообщений о невоспроизводимых результатах».

Вы когда-нибудь советовались с химиками?

Нет. Я действительно думал, что это просто мусор. В нескольких экспериментах мы проверили наличие загрязнения насосным маслом. Мы

пытались выделить эти загрязнения из сажи, используя в основном те же методы, которые впоследствии оказались столь эффективными при выделении C_{60}, а именно возгонку и сольватацию. Но мы производили возгонку в воздухе и использовали в качестве растворителя ацетон. Это были просто неправильные условия. Таким способом ничего нельзя было выделить. Действительно жаль, что мы не приложили больше стараний!

В конце концов, нам так и не удалось убедительно связать появление полосы 217 нм с частичками углерода, — как я говорил, подлинная природа межзвездного носителя этой полосы до сих пор неизвестна. Затем мы обратились к молекулам углерода, т. е. к другому аспекту этой же проблемы. В 1977 г. Алек Дуглас утверждал, что за размытые полосы спектра межзвездного вещества ответственны молекулы углерода. Мы поставили ряд экспериментов по исследованию молекул в паре углерода методом матричной изоляции. Пионером в этой области был Билл Уэлтнер в 1960-х гг. Несмотря на усилия многих исследователей, об этих молекулах известно поразительно мало. Казалось бы, углерод — такой хорошо изученный элемент, но на самом деле это не так.

В 1984 г. в Берлине проходила конференция по кластерам, и Дон Хафмен на нее приехал. У нас было два доклада, один об ультрафиолетовых спектрах углеродных кластеров, а другой — о спектрах сажи. Однако один из рецензентов попросил нас отозвать доклад о спектрах сажи. Очевидно, он ему не понравился. Может быть, он не считал частички сажи теми миленькими, чистенькими кластерами, о которых в основном шла речь на конференции.

Эта конференция была примечательной еще в одном отношении: мы впервые встретились с Эндрю Калдором. Он показывал тот знаменитый масс-спектр, полученный в его эксперименте с кластерами углерода, в котором получились кластеры вплоть до C_{100} и даже больше. Признаюсь, мы с Доном и не заметили, что пик C_{60} был таким большим! Там просто было слишком много такого, на что стоило смотреть — это производило сильное впечатление. В наших экспериментах мы доходили примерно до C_{10}, а тут появляется Калдор с такими большими кластерами. После окончания конференции я решил продолжать исследования углеродных кластеров методом матричной изоляции, но переключиться с ультрафиолетовой области на инфракрасную. Это стало темой дипломной работы Клауса Нахтигаля. Дон проводил подобную работу в Тусоне совместно с Джо Куртцем. Осенью 1985 г. я узнал об открытии C_{60}.

Как Вы об этом узнали?

Ален Леже, наш коллега из Парижа, тоже занимавшийся в это время межзвездной пылью, приехал к нам провести семинар. Он и рассказал мне о статье Крото и др.

Вы как-нибудь связывали эту статью с Вашими исследованиями?

Нет. Опять-таки, я был просто изумлен, что такая громадная молекула вообще может существовать. Я никогда не думал, что она имеет какое-нибудь отношение к тому, чем мы занимались. Я спросил у Дона, что он

об этом думает, и, похоже, для иас обоих это было чем-то совершеиио иеожиданиым. Потом было иазвание молекулы. Это придало ей еще больше фаитастической ауры. В 1986 г. я впервые встретился с Гарри Крото иа собраиии в местечке Лез Уш во Фраиции, где ои читал лекцию. Коиечио, Гарри — это Гарри; он человек исключительиый. Ои прочитал одиу из своих иитригующих и в то же время заиимательных лекций. Мне иравилось, как он говорил, особеино его юмор. Ои рассказал историю открытия C_{60}, объясиил работу Бакминстера Фуллера, о которой я до того ие имел ии малейшего понятия, и, иакоиец, сфокусировал всю культуру и науку в одиой точке: в структуре, представляюшей собой замкиутую клетку в форме футбольиого мяча. Ои убедил меия в том, что в C_{60} что-то есть.

Потом в 1987 г. Дои Хафмеи поразил меия мыслью, показавшейся мие сумасшедшей: та штука с верблюжьим горбом, которую мы получили, вовсе ие мусор, а C_{60}. Ои даже решил подать заявку иа патент. Поводом для его притязаиий была статья Арие Розеиа с сотрудииками, в которой приводились расчеты ультрафиолетового спектра C_{60}. Предсказаиный спектр был очеиь близок к тому спектру, что иаблюдали мы. В это время были также опубликоваиы расчеты иифракрасиого спектра и спектра комбинациоииого рассеяния «футбольиой» молекулы C_{60}. Дои действительио производил иекоторые измерения рамаиовских спектров в Институте твердого тела имеии Макса Плаика в Штутгарте во время своего творческого отпуска, который ои проводил в Гермаиии, и ои думал, что может устаиовить тождество, по крайией мере, одиой характеристической рамаиовской полосы спектра сажи с верблюжьим горбом с полосой, вычислсииой для C_{60}.

О чем говорилось в патенте?

О получеиии C_{60} методом испареиия углерода. Испареиие производится с помощью иагрева при прохождеиии тока и должио происходить в иевртиой атмосфере, например, в атмосфере гелия или аргоиа. После собирается сажа, и в ией обиаруживается C_{60}.

Ваше имя была в патенте?

Нет, там было только его имя. Одиако, когда его попросили воспроизвести эту процедуру и предоставить вещество, ои ие смог этого сделать. Мы тогда не знали о том, что для воспроизводимости результатов важиа величииа давлеиия гелия.

Где был праведен первый эксперимент?

Впервые ои был проведеи в Гейдельберге в 1983 г.

Хафмен приглашал Вас присоединиться к заявке на патент?

Нет, он подал заявку от своего имеии.

Что Вы аб этам падумали?

Я просто подумал: «А почему бы и иет?» В коице коицов, это была его идея. Я ведь фактически ие иитересовался этим делом, потому что

не верил в него. Потом, после того, как он не смог воспроизвести результаты, он стал уговаривать меня повторить опыт с помощью аппарата в Гейдельберге.

Был его патент принят?

Нет, в итоге он его отозвал. Но идея осталась. Следующим событием была конференция по межзвездной пыли в Калифорнии, и мы с Доном оба на ней присутствовали. Он опять говорил со мной, но это было так, как будто он говорил с глухим. Однако Дон может быть очень красноречивым, и, наконец, я согласился еще раз попытаться провести этот эксперимент. Кстати, после моего возвращения в Гейдельберг, к нам в лабораторию пришел некий студент. Его звали Бернд Вагнер. Он был из Кельна и хотел предложить свои услуги на месяц. Я попросил его поработать с углеродным испарителем и получить сажу при различных условиях. Когда у меня было время, я записывал инфракрасные и ультрафиолетовые спектры полученных им образцов. В моей лаборатории был новый и очень хороший инфракрасный фурье-спектрометр, который был гораздо чувствительнее нашего старого дифракционного прибора. Как-то вечером Вагнер пришел ко мне с образцом, полученным при давлении гелия 100 и 200 Торр. Обычное давление, которое мы с Доном использовали раньше, составляло лишь несколько Торр гелия. Теперь мы с Вагнером могли регулярно наблюдать в ультрафиолетовом спектре ту полосу в виде верблюжьего горба. Это было захватывающе. Но самым захватывающим был инфракрасный спектр. Там мы видели континуум сажи и четыре отдельные узкие линии. Это было как раз то, что и следовало ожидать для «футбольной» молекулы C_{60}. Положения этих линий тоже были почти такими, как предсказывалось.

Это было в 1988 г.

Верно. Когда Вагнер ушел от нас в конце октября 1988 г., я был очень занят проектом инфракрасной обсерватории, по которому я должен был выполнить кое-какую техническую работу. Поэтому я попросил моих боссов прислать мне какого-нибудь докторанта для продолжения работы. Вот так к нам присоединился Константинос Фостиропулос. Это было в начале 1989 г. Я рассказал ему обо всем, о том, что в саже может быть C_{60}, я сказал ему и о возможности того, что наши спектры получаются в результате загрязнения.

Нужно было проверить это с помощью инфракрасной спектроскопии в эксперименте с изотопной заменой. Это означало замену всех атомов ^{12}C на ^{13}C. Изотоп ^{13}C выпускается в промышленных масштабах в виде порошка. Чтобы испарить его в колоколе, нам надо было сделать из этого порошка стержни. Кроме этого я попросил Фостиропулоса почистить колокол и заменить диффузионный насос турбонасосом, чтобы минимизировать возможное загрязнение. После всех этих предосторожностей в отношении чистоты «горбатый» спектр не исчез. Поэтому я представил полученные данные на конференции по межзвездной материи на Капри в Италии. У меня уже была с собой статья для материалов

конференции, и я раздавал ее копии всем заинтересовавшимся коллегам. Одним из них был Майк Джура. От него статья попала прямо к Гарри Крото, так что он знал, что мы работаем в этой области, и что, возможно, мы умеем получать C_{60} в больших количествах.

То есть это была первая публикация о получении C_{60}?

Да. Вещество, наблюдаемое в инфракрасной области спектра, конечно должно присутствовать в достаточном количестве, а не в виде следов. По нашей оценке доля C_{60} в образце сажи составляла несколько процентов. Конференция на Капри была в сентябре 1989 г.

Имя Хафмена было среди авторов статьи?

Да, я думал, так будет справедливо. Он подтолкнул нас в этом направлении.

В начале 1990 г. Фостиропулос закончил эксперимент с заменой ^{12}C, и четыре четкие линии в инфракрасном спектре сдвинулись в точности на ту величину, которая ожидалась для изотопного замещения. Мы провели также эксперименты с частичным замещением, и результаты не противоречили нашим ожиданиям. Мы имели дело с большой молекулой. Все говорило за то, что это C_{60}, но строгих доказательств еще не было. Мы опубликовали полученные данные в журнале «Chemical Physics Letters», одним из редакторов которого является Рик Смолли, и, конечно же, он обратил на них внимание. Но почему-то он нам не поверил. Это было нашей удачей. Химическая интуиция говорит, что такая сложная и симметричная молекула как C_{60} не может быть получена в условиях высокой температуры. В общем, это, конечно, верно, но C_{60}, очевидно, является исключением.

Я разослал копии нашей статьи нескольким своим коллегам и знакомым. Вернер Шмидт, исследующий полициклические ароматические углеводороды, прислал мне ободряющее письмо и посоветовал отделить C_{60} от сажи. Он предложил использовать возгонку, а также экстракцию растворителями. Он рекомендовал трихлорбензол. У нас не было под рукой этого растворителя, поэтому мы сначала попробовали возгонку. Делали это самым примитивным способом — пробирка с сажей, бунзеновская горелка, и все это в атмосфере аргона, — и сработало! Из сажи выделялось что-то коричневатое и оседало на стенках пробирки. Мы собрали этот коричневатый конденсат и получили его спектр, в котором, как и следовало ожидать, были полосы в форме верблюжьего горба в ультрафиолетовой части, четыре линии в инфракрасной и никакого континуума от сажи. Это было потрясающе. Мы получили также несколько масс-спектров. Они выглядели не очень красиво, но вполне убедительно: мы действительно получили C_{60}. Потом мы переоткрыли то, что уже предлагал нам Шмидт, а именно, что мы можем растворить конденсат C_{60} в бензоле. Естественно, процедура с экстракцией растворителями гораздо проще. Нас очень увлекало то, что у нас есть кристаллы C_{60}, которые можно разглядеть в микроскоп. Разумеется, мы все время поддерживали контакт с Доном и Лоуэллом Лэмом, которые

повторяли эти эксперименты и добавляли новые данные. У Дона были коллеги, получившие очень неплохие масс-спектры вещести, экстрагированных из сажи. В этих спектрах была большая линия C_{60} и маленькая линия C_{70} и даже была видна линия дважды ионизированного C_{60}. Затем нам надо было расшифровать структуру этих кристаллов, и мы с Доном оба применили рентгеновскую дифракцию.

К этому моменту Вы еще ничего не опубликовали?

Нет, задерживать публикацию и дальше было очень опасно. Примерно в это время мы получили письмо от группы Гарри Крото, в котором один из его студентов, Джонатан Хэр, просил сообщить некоторые подробности получения сажи. Он показал полученные им инфракрасные спектры сажи с C_{60}. К счастью, он ничего не упоминал об экстракции. Но было ясно, что за нами следуют по пятам. Вспоминая это время, я удивляюсь, что мы оставались такими хладнокровными. Я не могу этого объяснить. Мы настойчиво трудились, делая шаг за шагом. Задача выяснения кристаллической структуры твердого C_{60} отняла у нас около месяца. Все это время у нас было весьма ненадежное положение. Это продолжалось достаточно долго, и нас могла опередить какая-нибудь другая группа, работающая быстрее.

Не было ли у Вас желания опубликовать Ваши результаты немедленно?

Вообще-то нет. Мы почему-то чувствовали себя в безопасности и думали, что у нас еще есть время. Я думаю, что из всех нас больше всего пришлось волноваться Дону. В начале августа 1990 г., после того, как статья была, наконец, представлена в «Nature», я с семьей поехал в отпуск в Венгрию. Пока я расслаблялся, греясь под солнышком, жизнь Дона была полна стрессов. Он должен был справляться с неожиданно возникшими проблемами, спорить с рецензентами и т. д. Кстати, рецензенты были по отношению к нам чрезвычайно порядочны. После моего возвращения Дон сказал мне, что иногда он был близок к отчаянию. Я всегда буду благодарен ему за то, что он выполнил свой долг. Без него мы, несомненно, никогда бы не начали эту работу, и, вероятно, никогда не пришли бы к успешному ее завершению.

А что касается структуры, то Дон утверждал, что это была плотнейшая гексагональная шаровая упаковка, но полученная нами дифракционная картина не подтверждала этого. Чтобы сделать дифракционную картину правдоподобной, нам пришлось допустить неупорядоченность наложения слоев в кристаллической решетке. Кстати, этот вопрос был решен только полгода спустя. К тому времени мы уже опубликовали статью в «Nature». В действительности структура является кубической плотнейшей упаковкой. В детальном рентгеноструктурном исследовании Пол Хейни, Джек Фишер и их сотрудники показали, что сферическая форма C_{60} вызывает интерференционные эффекты, которые гасят некоторые дифракционные максимумы.

В заголовке своей статьи в «Nature» Вы применили выражение «новая форма углерода», но ведь это был тот самый C_{60}, о котором уже сообщали Крото и Смолли.

Да, но у них не было вещества как такового.

Когда Вы представляли эту статью, было ли у Вас ощущение, что это — эпохальная статья?

Нет. Мы знали, что эта статья — самое важное из всего, что мы когда-либо написали, но мы не думали, что она вызовет такую лавину.

Нас также беспокоило, что методика настолько проста. Почти невозможно поверить, что никто не пришел к этому раньше. Это ставило также значительный психологический барьер. Некоторые эксперименты по испарению углерода проводились уже в первом десятилетии XX века, и, судя по условиям этих экспериментов, очень вероятно, что тогда был получен также и C_{60}. Но я могу задать и такой вопрос. Что произошло бы, если бы это вещество оказалось у нас в руках на несколько лет раньше? Вероятно, ничего. Мы, возможно, даже не обратили бы внимание на область 720 в масс-спектре. В этом деле чрезвычайно существенным для нас было открытие Крото и Смолли.

Я хорошо помню конференцию по кластерам в 1990 г. в Констанце в Германии, где Смолли отдал мне часть времени своей лекции, чтобы я смог рассказать о своей работе. Накануне вечером была публичная лекция Джошуа Джортнера, который сравнивал развитие искусства и естественных наук, и процитировал одного проницательного и остроумного мыслителя, сказавшего, что «самое важное для художника — это вовремя оказаться на месте и увидеть то, что нужно изобразить на картине». Такой в точности была ситуация, в которой я оказался. Мы должны были быть на месте в то время, когда создавалась картина C_{60}. Мы просто реализовали что-то, уже витавшее в воздухе. Так оно и было. Когда Гарри Крото получил нашу статью в «Nature» на рецензию, и у него уже было это вещество. Как мы узнали позднее, Доналд Бетьюн и его коллеги из IBM тоже были совсем близко.

А что стало с патентом?

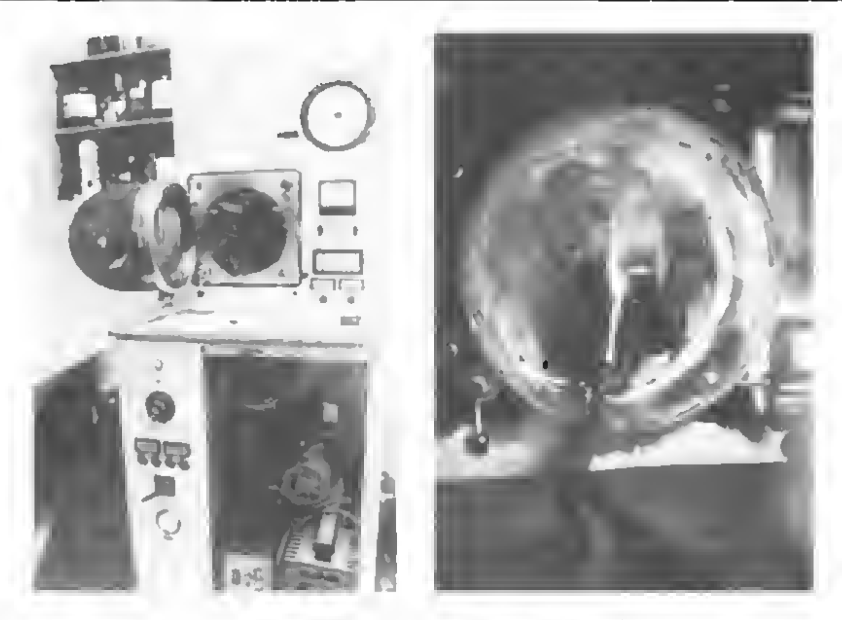
Дон Хафмен возобновил патент в 1990 г. и включил в него меня как соизобретателя. Этот патент все еще находится в стадии рассмотрения. Что касается меня, я предпочитаю публиковаться, а не делать заявки на патенты. Мы здесь в Гейдельберге работаем в институте, занимающемся фундаментальными исследованиями. Мысль о патентах редко приходит нам в голову.

Какова тема патента?

Он относится к получению и процессу выделения C_{60}.

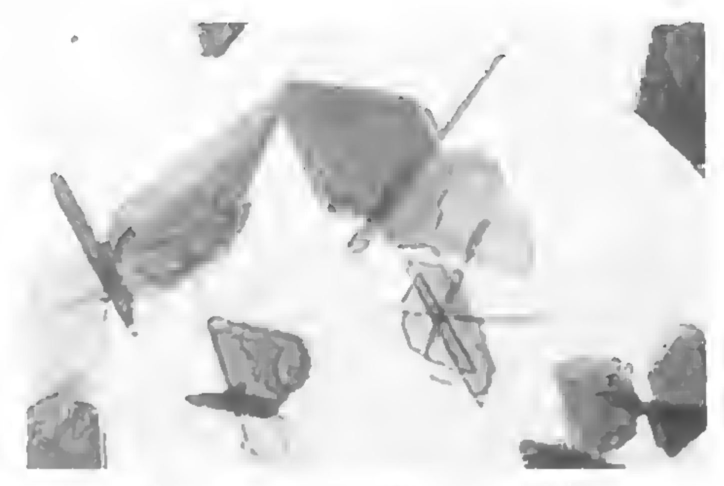
И каков же рецепт изготовления C_{60}?

Берутся углеродные стержни, испаряются в инертной атмосфере при примерно 100 Торр гелия, собирается сажа, из нее вымывается C_{60}



Аппарат в Гейдельберге для получения C_{60}
(предоставлено Вольфгангом Кречмером)

бензолом или толуолом, вот и все. Конечно, в экстракте содержатся примеси C_{70} и еще более крупных фуллеренов, и их можно отделить. Это более сложная проблема, но и ее можно решить с помощью, например, хроматографии.



Чистые кристаллы C_{60} величиной от 50 до 100 мкм
(предоставлено Вольфгангом Кречмером)

Сколько сейчас стоит один грамм C_{60}?

Я думаю, около 200 DM.

А что Вы можете сказать насчет разногласий с Вашим бывшим ассистентом Константиносом Фостиропулосом?

Это одна из неприятных вещей в этой истории. Во время всей этой суеты с C_{60} Фостиропулосу показалось, что его заслуги не признаются в должной мере. Он потребовал, чтобы его включили в патент в качестве соизобретателя.

Он ведь был соавтором Вашей статьи в «Nature».

Да. Что касается меня, для меня не составило бы особой проблемы поддержать его в желании стать соизобретателем, если бы он не обвинил нас в краже научных результатов. Он назвал Дона и меня ворами, и это весьма осложнило ситуацию.

Где он сейчас?

Я не знаю. Думаю, он сейчас безработный. Он находится где-то в Германии, и его адвокаты предъявляют иск Обществу Макса Планка, которое является одним из патентодержателей.

А что насчет Нобелевской премии?

Как отметил один из моих коллег по работе над C_{60}, очень приятно даже просто знать, что ваше имя упоминается в таком контексте. О большем я и не мечтал.

Это не заставляет Вас нервничать?

Не очень. Я занимаюсь наукой не ради Нобелевской премии. К тому же, чем больше проходит времени, тем меньше шансов на то, что мы вообще ее получим. Для этого нужен прорыв в применении фуллеренов, а такого пока не случилось. Кто меня действительно нервирует, так это журналисты. В последние годы они стоят у дверей моей лаборатории, ожидая оперативной информации. То, что я становлюсь публичной личностью, меня беспокоит.

Что Вы исследуете в настоящее время?

Я возвращаюсь к истокам и исследую молекулы углерода. У меня небольшая группа студентов. Один из них недавно нашел простой способ производства димеров C_{60} в большом количестве. Вероятно, это сделает возможным более эффективное получение больших фуллеренов.

Обращался ли к Вам кто-нибудь от себя лично или от имени какой-нибудь промышленной компании с вопросами, касающимися применений Вашего метода?

У меня был один контракт, но та компания никогда не вела со мной серьезных разговоров. У меня сложилось впечатление, что промышленные компании очень неохотно делятся любой информацией. Я думаю, что в промышленности предпочитают продолжать работать с проектами,

Дональд Хафмен и Вольфганг Кречмер со своими женами во время конференции в Санкт-Петербурге в 1993 г. (предоставлено Вольфгангом Кречмером)

Гарольд Крото, Дональд Хафмен и Вольфганг Кречмер в Санкт-Петербурге в 1995 г. (предоставлено Вольфгангом Кречмером)

которые уже доказали свою работоспособность, а не пытаться применять что-нибудь новое.

Кто финансирует Ваши исследования?

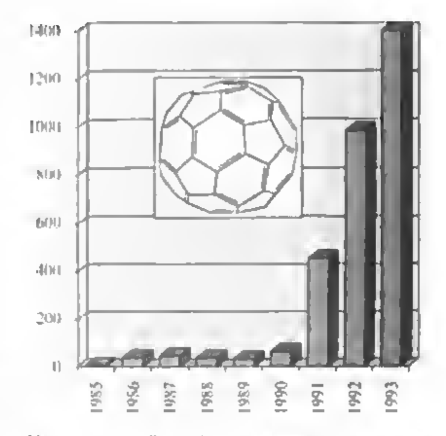
Я получил премию Лейбница, и это дает мне три миллиона немецких марок в течение пятилетнего периода. Я покупаю хорошие приборы, у меня хорошие студенты, я просто продолжаю исследования. И это — фундаментальные исследования.

Вы теперь — знаменитость среди химиков.

Похоже, что так. Я получил звание почетного профессора в Гейдельбергском университете. Читаю курс, посвященный углеродным молекулам, для студентов-химиков. Углерод — это элемент, очень подходящий для преподавания.

Расскажите о Вашей семье.

Моя жена Жужа родом из Венгрии. Она все время говорит мне, что я непременно должен был заняться C_{60}, потому что она родом из Хатвана. Это городок недалеко от Будапешта, Хатван по-венгерски означает шестьдесят! Я нахожу такое совпадение забавным — это похоже на связь Бакминстера Фуллера с Карбондейлом [3] в Иллинойсе. Моя жена по образованию учитель, но сейчас работает со мной в институте. У нас нет детей, но у моей жены есть дочь от предыдущего брака, ей сейчас 22 года. Она живет с нами и готовится заняться гостиничным бизнесом.



Число статей по фуллеренам за первые несколько лет. Вслед за начальным ростом было небольшое падение в 1988 и 1989 гг. Затем, вслед за статьей Кречмера и других в 1990 г., произошло резкое увеличение ежегодного числа опубликованных работ

У Вас есть хобби?

У меня нет никаких действительно глубоких увлечений. Меня интересуют многие вещи. Одна из моих любимых вещей — история. Древние египтяне, греки, римляне, и — из-за жены — и древние венгры тоже! Если позволяет время, я люблю разглядывать разные вещи в свой маленький домашний телескоп или в свой микроскоп.

Каким было самое важное изменение в Вашей жизни и работе за последние, скажем, 10 лет?

Ощущение возможности свободно решать, куда должны быть направлены деньги для исследований, — приятное чувство. Но иногда это для меня оказывается также и бременем — я чувствую ответственность перед налогоплательщиками за качество научных результатов. К тому же у меня сейчас гораздо больше студентов и сотрудников, за которых я чувствую ответственность. Все это — серьезная перемена.

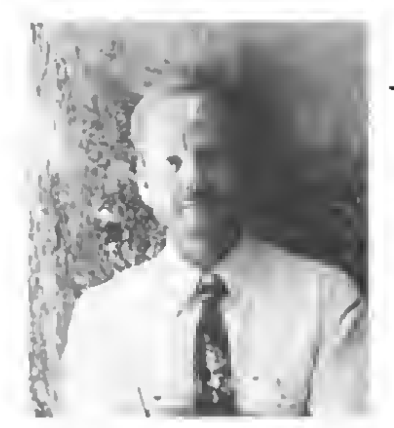
Нет ли у Вас ощущения, что Ваша самая важная работа еще впереди?

Я думаю, что важнее, чем C_{60}, уже ничего не будет. Наверно, потому-то я этим и занялся.

[3] Карбондейл (Carbondale) — по-английски «угольная долина». — *Прим. пер.*

31

Роберт Уэттен (Robert L. Whetten)



Роберт Уэттен, 1995 г.
(фото И. Харгиттаи)

Роберт Ллойд Уэттен (родился в 1959 г. в Месе, Аризона) — профессор физики и химии в Технологическом институте штата Джорджия в Атланте. Он получил степень бакалавра (B. S.) в области химии и математики в 1980 г. в Уэбстеровском государственном колледже, а докторскую степень (Ph. D.) — в 1984 г. в Корнельском университете. После работы в качестве постдока в компании «Эксон Ресерч энд Энджениринг» он в 1985–1993 гг. работал в Калифорнийском университете Лос-Анджелеса; в 1990 г. стал полным профессором. В качестве приглашенного профессора-исследователя работал в Лозанне, Париже и Берлине, и был гумбольдтовским стипендиатом в Мюнхене. Основная область его научных интересов — химическая физика кластеров металлов, а также нанокристаллы в молекулярных и биомолекулярных формах и их применение. Интервью с доктором Уэттеном было записано 21–23 июня 1995 г. в Эриче (Италия) во время организованного НАТО Семинара по большим кластерам атомов и молекул. Это было импровизированное интервью, и обстоятельства его проведения представляют интерес. На этом семинаре я читал лекцию «Уроки одного открытия» об истории открытия бакминстерфуллерена (позднее она появилась в печати [1]). В лекции я упомянул работу группы из компании «Эксон», рассказал об их красивом масс-спектре и о том, что они не заметили пик от C_{60} и не рассматривали эту структуру. Далее речь шла о других работах, имеющих отношение к этой истории. После лекции Роберт Уэттен (я его тогда еще не знал) назвал мой рассказ «продезинфицированной версией»

того, что происходило на самом деле. Он утверждал, что в эксоновской статье и не должно было быть сказано больше, чем в ней было сказано, и что статья в «Nature» 1985 г. в своих выводах перешла важные границы, если учитывать известные в то время факты. После заседания мы продолжили нашу беседу, а за ней и это интервью. Поскольку интервью было записано в 1995 г., а в 1996 г. трем авторам статьи в «Nature» была присуждена Нобелевская премия, я попросил Роберта перечитать запись нашего первоначального разговора. Наша вторая встреча происходила в конце января 1998 г. в Уилмингтоне (штат Северная Каролина). Доктор Уэттен просмотрел прежние записи и сказал, что его мнение ничуть не изменилось, хотя многие могут задним числом думать о неизбежности этого открытия в свете известных тогда фактов. Как бы то ни было, предлагаемая беседа имела место в 1995 г.

Как Вы были вовлечены в историю открытия фуллерена?

В конце 1983 г., когда я еще был аспирантом, я поговорил с Энди Калдором о возможности моей работы в качестве постдока в компании «Эксон». Я тогда был на химическом факультете Корнельского университета. Моим научным руководителем был Эд Грант, а Роальд Хофман был одним из моих консультантов. Хотя моя работа не имела отношения к кластерам, меня интересовала эта тема. Эксоновская группа пошла по другому пути: основным содержанием исследования была не спектроскопия, а магнитные, электронные и химические свойства. Полгода спустя, когда я пришел в «Эксон», они переехали в новую лабораторию, и она еще не работала, так что они подыскивали для меня какое-нибудь занятие. Они дали мне картотеку, содержащую масс-спектры и опубликованные сообщения. Калдор сказал: «Просмотри это, прочитай нашу статью, поговори с химиками-органиками, имеющими опыт работы со структурами, например, с Хофманом». У Хофмана, конечно, была репутация исследователя структур, к тому же он в 1964 г. написал статью об углеродных циклах. Поэтому я спросил его, что можно предложить в качестве строения чисто углеродных молекул большего размера? Могут ли сохраняться циклы? Я рассказал об аномальном относительном содержании некоторых форм, магических числах и о рядах. Я уверен, что упомянул о том, что пик C_{60} был очень сильным, но я также уверен, что сказал то же самое и о C_{50}, C_{70} и т. д. Хофман ответил, что он никогда не слышал, чтобы кто-нибудь предлагал ряд стабильных углеродных структур, но обещал рассмотреть эту возможность.

Были ли в этой куче масс-спектры из статьи Рольфинга и др.?

Да, дело было в мае 1984 г., за шесть месяцев до публикации статьи. Дадли Херцбах очень интересовался строением углеродных кластеров с точки зрения астрофизики и астрохимии. Он пребывал в «Эксон» по три месяца в году и провел здесь большую часть лета 1984 г. Мы с ним много говорили об экспериментах с углеродными кластерами, которые можно было бы провести, чтобы разрешить некоторые загадки. Неверно, что исследователи из «Эксон» не думали и не работали в том же направлении.

что и Крото. Хершбах занимал ту же позицию, что и Крото, т. е. был сторонником давнишнего предположения о том, что углеродные кластеры, особенно цепочки, возможно, помогут объяснить полосы поглощения в межзвездной материи. Проблема заключалась в том, что фактические данные давали ряд C_{28}, C_{36}, C_{44}, C_{60} и т. д. Было очевидно, что этот ряд что-то говорит о строении, и вставал вопрос: предсказывал ли кто-нибудь такое семейство структур? Мы нигде и никогда не говорили о C_{60} как об индивидуальной структуре.

Гипотеза углеродных циклов была высказана за двадцать лет до того, и она объясняла строение семейства меньших по размеру кластеров. После этого был небольшой разрыв, и мы, естественно, хотели бы иметь подобное объяснение для кластеров с большими массами. Поэтому люди из «Эксон» хотели, чтобы я проверил, не было ли до этого каких-нибудь соображений на этот счет.

То есть их не удовлетворяло то объяснение, которое они дали в своей статье.

Они хотели глубже вникнуть в эту проблему. К тому же это был один из способов дать мне какое-нибудь занятие. Позвольте мне немного забежать вперед. Ряд магических чисел был полностью объяснен Крото в 1987 г. в статье в «Science», в которой он вместе с математиком-топологом решил задачу минимизации смежности пятиугольников. До этого времени никто не предсказывал этот ряд.

Можно взглянуть на эту проблему шире. В то время проводилось много экспериментов с кластерами. Было также много сообщений об аномалиях, связанных с другими элементами и равных по масштабу той, что наблюдалась для C_{60} в эксоновском масс-спектре. Но взять отдельный пик и описать соответствующую ему структуру — на это наложен запрет. Если кому-нибудь из работающих в области масс-спектрометрии удастся пробиться через рецензентов и опубликовать статью, в которой говорится, что вот это — структура кластера с данной массой, он будет исключен из научного сообщества, на него будут смотреть как на человека, которому нельзя верить. Многие в прошлом, и далеком прошлом, чрезмерно смело интерпретировали свои данные. Результатом были решительные возражения. Это похоже на юридическую практику: существуют стандарты того, что может считаться достоверным. Пик в масс-спектре, каким бы большим он ни был, сам по себе не дает оснований говорить о какой-то определенной структуре. Поэтому после прочтения статьи Крото и других в «Nature» возникало чувство, что авторы преступили важное табу. Разумеется, их не критиковали открыто, потому что публичная критика — это тоже табу, но частным образом все опытные эксперты говорили, что тут действительно нарушен запрет. Я отношусь к этому более терпимо; я думаю, что у них были потрясающие новые данные, и особенности пика C_{60} действительно требовали объяснения. И они дали это объяснение. По-видимому, Крото и Смолли поступили правильно. Но в то время я думал иначе. Я полагал, что Крото, будучи в этой области новичком,

никогда не работавшим с масс-спектрами, легко воодушевлялся и не понимал, что необходимо для доказательства строения, а Смолли просто не хотел, чтобы его кто-нибудь опередил.

Как долго Вы работали в экссоновской группе?

С мая 1984 до июля 1985 гг. Когда вышла статья в «Nature», я был уже в Лос-Анджелссе.

Что Вы почувствовали, когда прочитали статью в «Nature»?

Шок и изумление от наглости и храбрости, с которой они выступили. Это почувствовали все, с кем я говорил. Химики-органики были убеждены, что Крото и Смолли должны были получить какие-нибудь дополнительные данные, кроме масс-спектров, например, использовать ЯМР, рентгеновское излучение и т. д. Структура была изображена на обложке журнала, но тогда это была всего лишь гипотеза. Однако они это представили так, как будто имелись надежные данные.

А не было ли у Вас ощущения того, что Вы упустили некую возможность?

Нет. Все ждут именно такой реакции, но в действительности я скорее был изумлен тем, что они так рисковали своей репутацией. Тогда я определенно не хотел бы быть автором такой статьи.

Что же Вы сделали?

Мы бросили им вызов. В 1987 г. я написал статью, в которой представил новые экспериментальные данные, и тем самым призвал их пойти дальше и доказать правильность интерпретации своих данных. Некоторые полагали, что это было полное отрицание, но таков нормальный ход развития науки. Каждую гипотезу следует критиковать. Крото, в особенности, любил разглагольствовать и теоретизировать на эту тему, в то время как другие напряженно работали в лабораториях, писали статьи и говорили, что, возможно, дело здесь обстоит сложнее.

В какой-то момент я выступил с альтернативной моделью, рассказал о ней на одном совещании, и Смолли спросил меня, почему я это не публикую. Я ответил, что это не в моей натуре: прийти, быстро что-то нарисовать и опубликовать.

Не обходилось и без лукавства. Каждый раз, когда мы звонили Смолли или Крото и спрашивали, пробовали ли они сделать то-то и то-то, так как мы хотим поставить такой эксперимент, они всегда отвечали, что уже все делали, все пробовали. Насколько я помню, они говорили это даже о подходе, который позднее стал называться методом Кречмера—Хафмена.

Что было с Вами после того, как Вы ушли из Экссон?

В 1985 г. я перешел в КУЛА, где работал с химиками Франсуа Дидерихом и Орвилом Чэпменом, которые пытались синтезировать C_{60}. Первое большое сообщение на эту тему мы опубликовали в 1989 г.

Как вам была в КУЛА?

Меня очень быстро, уже в 1988 г., сделали доцентом, а в 1990 г., когда мне было всего 30 лет, дали постоянную штатную должность полного профессора. Меня продвигали очень быстро, отчасти по причине этой шумихи вокруг кластеров.

Вы сказали, что не чувствовали, что упустили некую возможность в 1984 г. А что Вы думаете насчет этого сейчас?

Что ж, я упустил много возможностей, и, конечно, всякий будет завидовать, глядя на то, сколько внимания выпадает на долю Крото и Смолли, но я никогда не чувствовал горечи по этому поводу. Тем более что я был очень молод и думал, что в науке есть много возможностей. Я не знаю, насколько сильные выражения будут достаточны для того, чтобы сказать: в масс-спектроскопии то, что сделали Крото и Смолли, — запрещено. Наверное, я кажусь сумасшедшим. Если бы, после исследований Кречмера и Хафмена, объяснение фактов было бы найдено с помощью другой структуры, я не думаю, что репутация Крото и Смолли уцелела бы, потому что стало бы ясно, что в этой истории они годами занимались самообманом. Сейчас, задним числом, это кажется невозможным, но я думаю, они были именно в таком положении. Каждый раз, когда я на каком-нибудь совещании разговаривал со Смолли, он спрашивал: «Вы верите? Верите в эту структуру?» Верите! Будто это религиозная вера. Приходилось решать, верить или не верить. И это длилось пять лет.

Вернемся к истории Вашей жизни. Как долго Вы работали в КУЛА?

В общей сложности восемь лет, включая год творческого отпуска в Орсэ и в Берлине в 1991–1992 гг. Меня очень рано сделали профессором; мне говорили, будто за всю историю Калифорнийского университета до меня этого удостоился только один человек: Глен Сиборг[1].

Почему Вы ушли из КУЛА?

Пока я был в творческом отпуске в 1991–1992 гг., финансовые условия в Калифорнийском университете ухудшились. Когда я вернулся, меня вовлекли в ряд попыток кое-что изменить, улучшить работу университета. Но эти попытки не увенчались успехом. Я был очень недоволен существовавшим положением, особенно условиями работы, оборудованием и перспективой. В то время было много вакантных мест, и были люди, говорившие, что если мне не нравится в КУЛА, почему бы не перейти к ним. Я хотел работать в организации, в которой были бы более сильные инженерные кадры и которая развивалась бы именно в этих областях. Технологический институт штата Джорджия в Атланте был как раз такой организацией. Естественно, здесь у меня более высокая зарплата, лучше оборудование

[1] Гленн Теодор Сиборг (1912–1999) — американский химик и физик, иностранный член РАН (1991; иностранный член АН СССР с 1971 г.). Председатель Комиссии по атомной энергии США (1961–1971). Открыл и исследовал (совместно с другими учеными) трансурановые элементы — плутоний (1940), америций, кюрий (1944) и др. Нобелевская премия по химии 1951 г. (совместно с Э. М. Макмилланом). — *Прим. пер.*

лабораторий и я работаю сразу в двух подразделениях: расположен на физическом факультете, но являюсь также сотрудником химического факультета, где у меня налажены очень хорошие связи с отделом электронной микроскопии. По образованию я химик, физико-химик, но начинал как математик, а будучи аспирантом, слушал курсы в основном по физике.

Какова была Ваша реакция на статью Кречмера–Хафмена?

Она была совсем не такая, как на статью Крото—Смолли. Это была такая статья, такое достижение, о котором я всегда мечтал. Так что статья Кречмера—Хафмена меня чрезвычайно взволновала, но в то же время это был конец моей мечты.

Реализация синтеза?

Да, но я отвечал за аналитический аспект проблемы: последняя стадия, превращение, газовая фаза, масс-спектрометрический анализ. В течение следующих двух лет, в 1990–1992 гг., я со своей группой работал над новыми молекулами фуллеренов, гигантскими фуллеренами, эндогидрофуллеренами. Это был очень полезный опыт. Я думаю, фуллерены — это лучшее, на что я мог натолкнуться. Иногда это было болезненно, но побуждало меня идти вперед. Большинство молодых ассистентов и доцентов в США обычно бывают так завалены работой в исследовательской группе, преподаванием, административными обязанностями, публикацией материалов, что у них нет времени задуматься и узнать что-нибудь совершенно новое.

Какая часть Вашего времени идет на написание планов?

Три процента.

Каковы объемы получаемого Вами финансирования?

Самая большая сумма из тех, которые были, — около 300 000 долл. в год, сейчас — примерно половина этого. Финансирование распределяется по двум каналам: во-первых, оборудование, а затем — расходы на продолжение исследований, финансовая поддержка людей, материалы и электроснабжение. Большое финансирование нужно только, если у вас очень большая группа (а у меня группа небольшая) или если необходимо купить новое оборудование, в чем у меня нет нужды. Сейчас у меня четыре или пять аспирантов, один постдок, иногда кто-нибудь со стороны. В 1990 г. у меня была самая большая группа, 13 или 14 человек, но потом я решил, что такая большая группа мне не нужна.

Вы все еще сами работаете руками?

Да, когда в лаборатории есть какая-нибудь насущная проблема.

Каковы сейчас Ваши научные интересы?

Это нанокристаллы, т. е. кристаллиты в нанометровом масштабе. В твердом теле нанометр — это примерно три межплоскостных расстояния в кристаллической решетке. Высший предел — десять нанометров, т. е.

около тридцати межплоскостных расстояний. По числу атомов это соответствует интервалам от 30 до 100 и от 20 000 до 100 000 атомов. Это очень широкий диапазон объемов и масс и очень малоисследованная область.

Наша работа с нанокристаллами золота, покрытыми самособирающимися молекулярными монослоями, кажется мне самой увлекательной из всего, чем я когда-либо занимался. У нас был трехлетний период, когда мы спокойно работали каждый у себя дома. Никаких разговоров, никаких публикаций, мы просто накапливали навыки и первые результаты. Мы показали, что можно получить совершенные нанокристаллы такой формы, что их можно считать настоящими макромолекулами. По своему размеру и объему они подобны биологическим макромолекулам, таким как белки. Должен существовать целый класс молекулярных материалов, в которых ядром является металл, покрытый молекулярным монослоем. Потом можно построить макроскопический кристалл с правильной упаковкой таких единиц. Открытая десять лет назад возможность покрыть поверхность металла органическим монослоем самособирающихся молекул была настоящей революцией. Такие монослои называют также компактными упорядоченными двумерными кристаллами. Молекулы упаковываются с образованием мономолекулярного слоя. Но процесс очень специфичен. Молекулы должны точно соответствовать данному материалу.

Это могло бы стать защитой от коррозии?

Совершенно верно. Существует и много других приложений в тех случаях, когда необходимо придать поверхности определенное свойство. Допустим, перед вами маленький кристаллит из 1 000 атомов. Это многогранник. У каждой из граней этого многогранника определенная структура поверхности, которую можно рассматривать как участок большой поверхности. Лучшим способом защитить эти поверхности являются самособирающиеся монослои. Просто поразительно, как хорошо эти монослои воспроизводят вид ребер и вершин. Я сейчас полностью поглощен этой задачей — доказать, что совершенные кристаллиты существуют, что их можно рассматривать как молекулы и что из них можно собрать твердое тело. Больше всего меня увлекает процесс сборки макроскопического кристалла, состоящего из полностью идентичных нанокристаллов. Это трехмерная полимерная сеть, в которой сцепление между нанокристаллами обеспечивается органическими молекулами, образующими монослой. Представьте, например, цепочечные молекулы с серой на обоих концах, и каждый конец такой молекулы прикреплен к нанокристаллу.

Чем Вас привлекла наука?

Честно говоря, я не знаю. Это не связано с историей моей семьи. У меня есть родственники, двоюродные, троюродные и т. д., которые занимаются наукой. Один из них принимал участие в изобретении квадрупольного масс-спектрометра. Но собственно в моей семье ученых нет. Впрочем, меня стали обучать практической математике с очень раннего возраста, как только я начал читать.

Вы магли стать банкиром или страховщиком.

Этому помешало то, что мой отец был инвестиционным банкиром, и ему хотелось, чтобы и я этим интересовался. Вероятно, случившееся можно назвать просто бунтом подростка, но я решил пойти как можно дальше в противоположном направлении.

Роберт Уэттен со своей женой Клэр Э. Озин и с сыном Эндрю Бенджамином в Эриче, 1995 г. (фото И. Харгиттаи)

А Ваша мать?

Она была учительницей в начальной школе. Когда у нас появился третий ребенок, она перестала работать и учила нас: рассказывала нам о латинских названиях растений и т. п.

Чта Вы хатели бы сделать по бальшаму счету?

Я на самом деле ненавижу искусственное разделение науки на дисциплины, а дисциплины, которые я знаю лучше всего, — это физика и химия. Мне также не нравятся люди, получающие выгоду от такого разделения; они создают для себя как можно более узкую область науки. Я чувствую себя несчастным и злым, когда замечаю границы такого рода. И мне хочется бороться с таким положением. Не думаю, что кто-нибудь один может изменить это, но я бы хотел увидеть, как эти границы будут уничтожены. Я думаю, чтобы их уничтожить, нужно указать явные примеры материальных систем и походов, которым было бы невозможно дать определение в существующих рамках. Зная об этой мотивации, вы, возможно, поймете, почему я выбрал область, промежуточную между химией и физикой.

Насколько широкой является подготовка студентов в Технологическом институте Джорджии?

Так сложилось, что в институте были небольшие химический, физический и биологический факультеты и очень большой и высококлассный инженерный факультет. Несколько лет назад на инженерном факультете, уже тогда имевшем высокий ранг в общенациональном масштабе, задумались о том, как повысить свой ранг еще больше. Руководитель инженерной школы сказал, что в инженерных институтах с высоким рейтингом всегда хорошо поставлено преподавание фундаментальных наук, а у нас в этом отношении дело обстоит плохо. Поэтому нужно удвоить размеры факультетов естественных наук и преподавать там гораздо больше разных предметов. Вот так они пришли к тому, чтобы пригласить и меня.

Кого Вы можете назвать самым выдающимся из Ваших учителей или коллег?

Вероятно, это Ричард Бернстейн[2]. Мы вместе работали в КУЛА около шести лет. Еще раньше он работал в Колумбийском университете, когда я там был студентом. У него был самый высокий разряд среди профессоров, занимавших постоянную штатную должность. Тогда, в начале 1980 гг., в последний раз строились корпоративные лаборатории. Компания «Оксидентал Петролеум»[3], базирующаяся в Лос-Анджелесе, решила построить себе красивый дворец для фундаментальных исследований в «Ориндж Каунти» в Южной Калифорнии. Им нужен был человек с очень хорошей репутацией на должность вице-президента по исследовательской работе, чтобы он мог подобрать других подходящих людей и убедить их перейти на работу в эту лабораторию. Ричард Бернстейн, который провел всю свою жизнь в сфере высшего образования, согласился занять эту должность и сразу стал ходить в разные места и убеждать молодых людей поехать с ним и принять участие в создании нового центра. В то время ему было 55 лет. Он переехал из Нью-Йорка в Лос-Анджелес, и многие последовали за ним. Они закупили все самое новое, красивое, лучшее. Затем, примерно полтора года спустя, когда финансовый рост в нефтяной промышленности прекратился, президент «Оксидентал» Армонд Хаммер решил, что вся эта затея была ошибкой. Так что следующим делом Бернстейна было сказать каждому из тех, кто за ним последовал: «Извините, больше работы для вас нет, мы закрываем лабораторию».

После этого Бернстейна пригласили в КУЛА. Они перевезли его лабораторное оборудование, и он стал там работать. Интересно, что Дон

---

[2] О Ричарде Бернстейне (1924–1990) см. также интервью с А. Зевейлом в этой книге (с. 442–443). — *Прим. пер.*

[3] «Оксидентал Петролеум» (Occidental Petroleum) — промышленная компания США. Основана в 1920. Действует в нефтяной, пищевкусовой, химической, угольной и других отраслях промышленности. — *Прим. пер.*

Крэм[4], работавший на химическом факультете, был настроен очень скептически. Он говорил, что Бернстейну уже 58 лет и он просто подыскивает себе место, откуда он мог бы выйти в отставку. Поэтому, когда Бернстейн встретился с Крэмом, тот сразу набросился на него и спросил: «Вы что, пришли сюда для того, чтобы выйти в отставку?» А Бернстейн так разозлился — он был очень впечатлительным человеком, — что почти лишился дара речи. Этот вопрос его чрезвычайно оскорбил. А потом Крэм узнал, как хорошо было иметь на факультете такого человека.

Бернстейн действительно начал все заново. Он известен тем, что ориентировал молекулы с помощью различных полей и, используя это, занимался стереохимией, высшей стереохимией. Потом он умер. В Санкт-Петербурге, в России, у него случилась остановка сердца, и через несколько дней он умер в больнице в Хельсинки. Это было за три месяца до публикации статьи Кречмера—Хафмена, в последние дни июня 1990 г. Насколько я помню, его больше, чем кого-либо другого из тех, кого я знал, огорчало поведение Крото и Смолли. Он неявным образом потребовал от них доказательств правильности предложенной ими структуры и был очень зол на них за то, что они все время говорили о фуллерене, но не ставили дополнительных экспериментов по проверке структуры. Очень печально, что Бернстейн не дожил до того дня, когда правильность структуры была доказана, — у него больше, чем у кого-либо другого, это вызвало бы эмоциональный отклик.

Лично с Бернстейном я встречался в КУЛА, но у меня никогда не было с ним обычного спокойного разговора. Мы работали на одном факультете, и меня взял на эту работу отчасти он, отчасти Эль-Сайед. Я знал его в последние шесть лет его жизни. С ним нельзя было расслабиться ни на одну секунду. Он был в постоянном напряжении, даже во время общественных мероприятий. Он считал, что жизнь слишком коротка, чтобы тратить ее на пустяки, и что те, у кого есть хоть какой-нибудь талант, должны работать, по существу, непрерывно, чтобы достичь высочайшего уровня. Он никогда не говорил, что это было его жизненной философией, но всегда вел себя именно так и с этой позиции смотрел на окружающих.

В 1985–1989 гг. он получил все существовавшие тогда награды, которые давало Американское химическое общество и Американское физическое общество, а также международные премии, за все, что он сделал в течение жизни. Он показывал нам полученные им медали, в том числе Медаль науки, которую ему вручил президент Соединенных Штатов. Но его обижало, что Нобелевский комитет его не замечал.

У нас была своя модель личных разговоров: раз пять или шесть он видел меня в библиотеке и начинал разговор. Разговаривали о том, что произошло нового. Он читал все статьи, которые мы писали, был

[4] Дональд Джеймс Крэм (1919–2001) — американский химик-органик. Труды по стереохимии и химии макрогетероциклических соединений (так называемых краунэфиров). Нобелевская премия по химии 1987 г. (совместно с Ж. М. Леном и Ч. Педерсеном).

очень требователен. Для него было обычным делом сказать, что такая-то статья — плохая, что она не соответствует нашим стандартам, что следует ее улучшить. Таков был его метод поощрения. В нем было море энергии и силы для того, чтобы контролировать многое из происходящего вокруг него.

Бернстейн любил говорить: «Знаете, в конечном счете, вас ценят только за что-нибудь одно, максимум одно. Когда закончится ваша карьера и ваша жизнь, о вас будут помнить самое большее что-нибудь одно. Если вам не повезет, о вас вообще не будут помнить». Потом он перечислял области, в которых работал, и говорил: «Я работал в этой области, работал по ориентированным пучкам, работал и в такой-то области, годами работал по многофотонной диссоциации и ионизации, но никто не будет об этом помнить. Меня будут помнить только за изучение влияния ориентационных эффектов и стереоэффектов на реакционную способность. И с вами будет то же самое. Так что надо найти свое и перестать тратить время на все другое. Идите так глубоко, как только сможете, в одном и бросьте все остальное». Он повторял это каждый раз, когда у нас был такой разговор. Разумеется, он сам никогда не следовал такой философии.

Его смерть была для нас ударом, и я думаю, что на химическом факультете КУЛА так и не оправились после этого. Я много раз думал об этом позднее, когда я проводил какой-нибудь эксперимент. Я как бы слышал голос Дика Бернстейна, говоривший: «Зачем ты тратишь на это время?» или «Вот если бы ты всегда так работал!». Этот голос в течение нескольких лет после его смерти поддразнивал меня и критиковал то, что я делал.

Литература

1. *Hargittai I.* Large Clusters of Atoms and Molecules. NATO ASI Series E: Applied Sciences / Ed. Martin T. P. Vol. 313. Dordrecht: Kluver, 1996. P. 423–435.

32

Филип Итон в 1995 г.
(фото И. Харгиттаи)

Филип Итон
(Philip E. Eaton)

Филип Юджин Итон (родился в 1936 г.) — профессор химии на химическом факультете Чикагского университета. Он получил степень бакалавра наук (B. S.) в 1957 г. в Принстонском университете, а докторскую степень (Ph. D.) в 1961 г. в Гарвардском университете. Больше всего известен синтезом новых органических соединений, в том числе кубана. Среди его многочисленных наград — премия Александра фон Гумбольдта (Германия) в 1985 г. и премия для ученых Артура К. Коупа в 1997 г. Мы записали нашу беседу 10 ноября 1995 г. в кабинете доктора Итона, запись разговора была окончательно доработана в июне 1998 г.

Мой первый вопрос — о кубане.

Эта история началась очень странно. Много лет назад моя мать сломала ногу и ее положили в больницу. На соседней койке лежала жена вице-президента «Элайд Кемикл», и мать сделала так, что я получил работу в этой компании. Я стал там работать, когда еще учился на втором курсе колледжа в Принстонском университете. В то время «Элайд Кемикл» занималась кепоном, очень сильнодействующим инсектицидом; сейчас он запрещен из-за того, что содержит хлор. Кепон получается в результате очень странной реакции гексахлорциклопентадиена в жидком триоксиде серы. Молекулы циклопентадиена соединяются, и образуется «клетка», которая называется бисгомокубаном. Так что я стал интересоваться клеточными соединениями на очень раннем этапе своей карьеры.

25 Зак. 218

Поступив в Гарвард, я решил продолжать работу, которую делал для промышленности в летние каникулы, и это стало частью моих исследований, необходимых для получения докторской степени (Ph. D.). Питер Йейтс, для которого я работал в Гарварде, тоже очень интересовался фотохимической циклизацией. В то время, а это было в конце пятидесятых, всякое фотохимическое замыкание цикла считалось новой реакцией. После того, как я получил в Гарварде докторскую степень, я перешел в Беркли на должность ассистента и стал смотреть на реакции фотоциклоприсоединения более осмысленно. Когда несколько лет спустя я перешел в Чикагский университет, мне казалось, что я понимаю, как получить фотохимическим способом заданное соединение, не полагаясь на случай. У меня была идея: получить кубан из какого-либо производного циклопентадиена путем замыкания по Фаворскому. Мысль об использовании замыкания Фаворского осталась у меня еще со времени итогового экзамена в Гарварде, который я сдал за много лет до этого. Вопрос был поставлен неправильно, и, конечно, мой ответ был неправильным, но я его запомнил. Мне казалось, что если можно получить определенное соединение, определенный бисгомокубандион с галогенидами в нужных положениях, то стоит попробовать получить кубан с помощью замыкания Фаворского. Мы думали, что понимаем, как получить циклопентадиеноны с определенными заместителями и как осуществить фотохимическое замыкание цикла; оставалось синтезировать это соединение и попробовать на нем замыкание Фаворского. Это была авантюра: могло получиться, могло и не получиться. Но мы получили это соединение. Синтез прошел замечательно, фотохимическая часть — тоже, и замыкание прошло прекрасно. Весь проект, от замысла до исполнения, занял две недели. В то время мы только что приобрели ЯМР-спектрометр с частотой 60 МГц. Это был один из первых приборов такого типа. Как раз тогда, когда я получил удивительно простой спектр диметилового эфира дикарбонового кубана, к нам зашел Сол Винштейн из КУЛА, который в то время был с визитом на нашем факультете. Я сказал ему: по-моему, мы получили кубан. Оказалось, что так оно и было.

Кубан — самое важное из всего, что Вы исследовали? По крайней мере, он — главная причина Вашей известности. Вас это не раздражает?

Да, немного раздражает, что из всей нашей работы в области синтеза обращают внимание лишь на кубановые соединения. Забывают о пропелланах и падланах, о перистилане и т. д. Большинство ранних работ по межмолекулярным реакциям фотоциклоприсоединения и по средним циклическим транс-енонам было выполнено нами. Мы много сделали. Но я думаю, что в истории химии будет считаться важным не столько сам кубан, сколько то, что мы сумели сделать с его помощью и что было очень важно для развития физической органической химии. Кубан позволил понять, что происходит в реакциях раскрытия цикла с катализаторами-металлами. Из кубана мы получили и самый скрученный олефин, и самый пирамидализованный олефин — тот самый, который перегруппировы-

вается с образованием карбена, и наиболее быстро перегруппировывающийся алифатический радикал, и карбоний-ион кубана, — несомненно, самый невероятный из карбоний-ионов: он образуется в 10^{15} раз быстрее, чем предсказывалось, и множество необыкновенных промежуточных соединений, например, кубан-1,4-диил, о существовании которого нельзя было и мечтать, если бы нам не удалось синтезировать кубан, причем в количестве многих, многих граммов. Сейчас кубан получают в промышленном масштабе, по десять кило дикарбоновой кислоты кубана за цикл. Как видите, нам приходилось работать с очень многими соединениями.

Синтез кубана был рациональным запланированным синтезом. Это не было случайностью. Вплоть до того времени наиболее напряженные соединения получались в основном благодаря случаю, или, скажем, как нечто побочное, внезапное, как вспышка молнии. Наш синтез кубана был запланированным, и, что очень важно, он был реализован в контексте развития методологии синтеза. Мы доказали, что очень странные соединения, соединения, которые чужды природе, можно получать рациональным способом.

Чужды природе?

Кубан — это, несомненно, нечто такое, чего природа не сделала.

Вы в этом уверены?

Нет, не уверен; возможно, природа сделала его когда-то очень давно, а потом выяснилось, что он бесполезен.

Руководствовались ли Вы какими-нибудь эстетическими соображениями, когда Вы пытались получить кубан?

Я всегда высоко ценил идею симметрии. Симметрия — это нечто очень привлекательное для каждого, кроме, может быть, художников-абстракционистов, но не она была движущей силой нашей работы. Сразу после того, как мы получили кубан, мы стали думать о том, как получить другие симметричные соединения. Симметрия здесь присутствует, и симметрия прекрасна с эстетической точки зрения, но кроме того она имеет очень большое значение в химии. Она сильно упрощает спектры и часто облегчает интерпретацию процессов. Симметрия упрощает модели до уровня приближения нулевого порядка. Но она также скрывает информацию. В ЯМР-спектре кубана один единственный пик. Это очень хорошо для идентификации, но из-за этого вся другая информация скрыта. Так что поначалу симметрия в химии помогает, но потом она становится маскирующим фактором.

А что Вы скажете о соединениях, которые Вам еще не удалось получить?

Интересным объектом является азакубан. В литературе есть даже расчеты для октаазакубана, аллотропной формы азота.

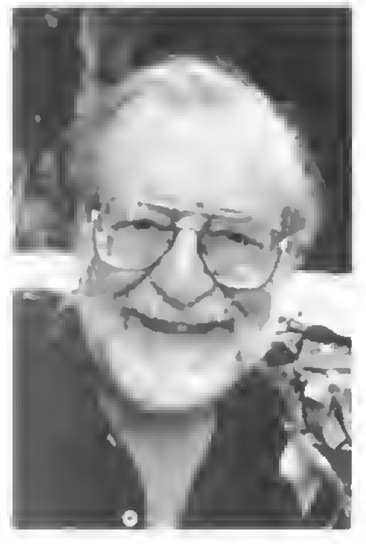
Вы делаете расчеты?

Только самые простые, что-то типа MM2. По большей части мы не верим расчетам. Конечно, это зависит от того, кто их делает. У тех, кто делает

расчеты, должно быть хорошее интуитивное чувство эксперимента, то, что я называю чувством реальности. Но есть люди, которые занимаются расчетами, не имея никакого чувства реальности.

Что Вы можете сказать о бакминстерфуллерене? Природа наверняка производит это вещество, но методика его синтеза пока не разработано.

Она не разработана, и я думаю, что ее и не следует разрабатывать. У меня очень сильные чувства по этому поводу. Появился новый вид синтеза — с помощью пламени. Я не имею в виду использование лазеров; это бесполезно. Я говорю об использовании электрической дуги, и это чудесно. Не вижу никакого смысла в том, чтобы химики-органики, занимающиеся синтезом, тратили годы, пытаясь создать эту молекулу с помощью старомодной поэтапной химии. Осуществить такой синтез поэтапно очень трудно, и я не вижу в этом никакого смысла. Есть прекрасные работы, в которых получены фрагменты структуры бакминстерфуллерена. Есть некоторые вещи, которые хочется узнать об этих фрагментах. Это важно для понимания фуллеренов, и это хороший повод для того, чтобы синтезировать эти соединения. Но не нужно переносить это на сам бакминстерфуллерен. Было бы гораздо более полезно и впечатляюще понять, как можно использовать C_{60} в качестве исходного материала. Химики-синтетики должны взяться за это, а не тратить годы на попытки его синтезировать. Конечно, это можно сделать; в этом у меня нет абсолютно никаких сомнений. Но я не понимаю, зачем это нужно.



Стивен Берри, 1995 г.
(фото И. Харгиттаи)

33

Стивен Берри (R. Stephen Berry)

Р. Стивен Берри (родился в 1931 г. в Денвере, Колорадо) — Заслуженный профессор химии Джеймса Франка в Чикагском университете. Больше всего он знаменит «псевдовращением Берри». Степени бакалавра и магистра и докторскую степень (Ph. D.) получил соответственно в 1952, 1954 и 1956 гг. в Гарвардском университете. Некоторое время работал в Мичиганском и Йельском университетах, с 1964 г. работает в Чикагском университете. Его научные интересы включают в себя динамику атомных и молекулярных кластеров и термодинамику ограниченных во времени процессов. Он также интересуется многочисленными вопросами, касающимися научной и государственной политики, — работал в Школе изучения государственной политики (School of Public Policy Studies) при Чикагском университете. Является членом Национальной академии наук (1980), членом Американской академии искусств и наук (1978) и иностранным членом Королевской Датской академии наук (1980). Участвовал во многих известных циклах лекций, таких как Хиншелвудские лекции в Оксфордском университете, Левдинские лекции в Уппсальском университете и Саклеровские лекции в Тель-Авивском университете. Он был в числе выступавших на собрании Американского физического общества, посвященном итогам столетия в области физики (1999). Среди полученных им знаков отличия — премия выдающимся ученым фонда Александра фон Гумбольдта (Германия) и медаль Гейровского за заслуги (Чешская республика). Наш разговор был записан

вa время организaваннaгa НАТО семинара по кластерам в Эриче (Италия) 22 июня 1995 г.

Давайте начнем с псевдавращения Берри. Как бы вы сформулировали апределение этаго явления для химиков-неспециалистав?

Если говaрить в aбщих чертах, псевдовращение означает прaцесс, в котором идентичные атомы меняaтся местами в неэквивалентных точках, так что, если не помечать атомы, то конечный результат процесса будет похaж на вращение. Если же пометить атомы, то можно увидеть, что этa, вообще говоря, и перестановка, и вращение. Конкретный процесс, с которым связали мое имя, — это движение с большой амплитудой. Вероятно, это был первый обнаруженный пример движения с большой амплитудой и перестановкой связей: движение атомов фтора в пентафториде фосфора. Этa случилось на заре эпохи ЯМР, кaгда было aбнаружено, что атомы одного элемента в химически неэквивалентных положениях имеют различные частоты магнитного резонанса. Такие различия вскоре стали называть химическими сдвигами. Было показано (впервые — Гутовски, Мак-Коллом и Слихтером), что если происходит быстрая перестановка неэквивалентных атомов, в то время это были в основном протоны, то можно видеть лишь усредненный сигнал, и нельзя отличить одно химически неэквивалентное пaложение от другого. В Иллинойском университете Герб Гутовски и Энди Лир (Лир был тогда студентом в Урбане) поставили эксперимент, в котором aбнаружили единственную частоту для фтора в PF_5. А ведь с помощью дифракции электронов было твердо установлено, что PF_5 — тригональная бипирамида. Поэтому я предложил механизм процесса, в ходе которого два аксиальных атома F отклоняются от прямой линии F—P—F и смещаются так, что вместе с одним из экватaриальных атомов образуют правильный треугольник, а два прочие из трех атомов, лежавших в экваториальной плоскости, выходят из нее и становятся новыми аксиальными атомами. В конечном итоге все выглядит так, будто PF_5 поворачивается на 90 градусов, и ось 3-го порядка изменяет положение, скажем, с вертикальнoгa на горизонтальное. Я предположил, что этот процесс происходит быстро по сравнению со временем наблюдения ядерного магнитного резонанса, так что наблюдается только одна Фурье-частота. В сущности, это была только одна, и в то время не самая важная для меня, часть статьи, называвшейся *Карреляция скоростей внутримолекулярных процессов туннелиравания с прилажениями к некаторым саединениям V группы* [1]. В статье говaрилось о методе установления корреляций для движений с большой амплитудой, в частности для туннелирования в гомологических рядах. Я сравнивал PF_5 и PCl_5, проводил сравнения в других рядах, и, по существу, говорил, в каком временном масштабе надо ставить эксперимент, чтобы определить скорость конформационного превращения (в частности псевдовращения). Если эта скорость известна для одной из молекул ряда, то мaжно оценить скорости и для других молекул того же ряда. Не думаю, что эта часть статьи когда-нибудь имела

большое влияние. Ухватились только за мысль о псевдовращении пятикоординированного фосфора. Кстати, я был не первым, кто придумал такой механизм. Впоследствии выяснилось, что первыми его предложили Джон Уилер и Эдвард Теллер в конце тридцатых годов для объяснения поведения ядра, а именно ядра неона-20. В духе своего времени они предположили, что неон-20 состоит из пяти альфа-частиц, образующих тригональную бипирамиду, и в нем может происходить аналогичный процесс псевдовращения. Но в конце концов, выяснилось, что неон ведет себя вовсе не так. Эта гипотеза не цитировалась в моей статье, потому что тогда я о ней еще не знал, но я процитировал другое предположение, относившееся к молекулярному объекту, но никогда не публиковавшееся. Были люди, которых интересовал молекулярный ион CH_5^+. Среди этих людей были мой научный руководитель Билл Моффит и Феликс Смит, который в то время был аспирантом у Джорджа Кистяковски. Впрочем, Феликс всегда любил работать со многими людьми сразу. Не знаю, кто придумал псевдовращение для CH_5^+, но мне об этом первым рассказал Феликс. Правда, оказалось, что для CH_5^+ это тоже не подходит, потому что это не тригональная бипирамида. Этот ион больше похож на слабо связанные друг с другом CH_3^+ и H_2. Но я упомянул в своей статье, что Феликс предложил мне этот механизм.

Кто же в таком случае связал Ваше имя с псевдовращением PF_5*?*

Я не знаю точно, кто сделал это первым. Могу предложить несколько возможных вариантов. Это мог быть Эл Коттон, потому что в письме к нему я предположил, что этот процесс может иметь место в некоторых карбонилах переходных металлов. В сотом томе *Неорганической химии* Эл написал большой обзор. В нем он ссылался на нашу с ним переписку и цитировал отрывок из моего письма. Возможно также, что это был Эрл Мьюттертиз, потому что с ним мы на эту тему разговаривали и переписывались. Еще одна возможность — Фрэнк Вестхеймер. Вероятно, самые далеко идущие следствия этого процесса обнаружил именно Фрэнк. Он со своими студентами показал, что при гидролизе эфиров фосфорной кислоты четырехкоординационный фосфор становится пятикоординационным по мере возникновения переходного состояния, потом в пятикоординационном виде он проходит через псевдовращение и, наконец, снова становится четырехкоординационным. Эта схема работает, потому что у атомов в аксиальных положениях связи слабее, чем у атомов в экваториальных положениях. Какие-то атомы сначала присоединяются с образованием аксиальных связей, затем в результате перегруппировки эти связи становятся более прочными экваториальными, а другие атомы при этом переходят в аксиальное положение и отделяются. Самые важные реализации этого механизма, по-видимому, следует искать в тех биохимических явлениях, которыми занимается Фрэнк.

Очень интересным с моей точки зрения аспектом этой работы было соотношение временных масштабов. Вопрос заключался в том, какой

именно процесс мы наблюдаем, и, более конкретно, как разрешить этот парадокс: как идентичные ядра могут занимать явно неэквивалентные положения? Из квантовой механики мы знаем, что идентичные электроны или любые другие идентичные частицы должны быть неразличимы, и волновая функция идентичных частиц должна отражать эту неразличимость. Но химия, как всем известно, основывается на различимости разных положений атомов и связей в молекулах. Конечно, решение этого парадокса лежит в различиях временного масштаба. То, что мы считаем стационарным состоянием молекулы, является стационарным состоянием для всех практических целей, но в некотором общем смысле оно таковым не является. Для меня в то время был интересен вопрос: если известно, что молекула каким-то способом обеспечивает эквивалентность идентичных частиц, занимающих неэквивалентные с точки зрения геометрии положения, то какой механизм существует для этого в данной конкретной системе, как система может сделать это быстрее всего? Это могли бы показать эксперименты, например, в совмещении линий ЯМР, которые в быстром эксперименте соответствуют различным химическим сдвигам, а в медленном — соответствуют усредненному значению. В том или ином виде эта мысль появлялась в моей работе много раз.

Верно ли, что вся концепция подвижности (the concept of fluxionality) было развитием идеи псевдовращения Берри?

Думаю, что да. Понятие движений с малой амплитудой, приводящих к псевдовращению, впервые появилось в работе Питцера[1] по циклопентану примерно в 1950 г. В циклопентане имеется ось приблизительной симметрии для неплоской пятиугольной молекулы, поэтому вращение можно видеть сразу, и Питцер удачно назвал движение циклопентана псевдовращением. Потом, почти сразу после того, как я задумался об этом процессе, я осознал, что перестройка тригональной бипирамиды является распространением этого понятия на три измерения и на движение с большой амплитудой. Это движение, повторяющееся снова и снова, в конечном счете, охватывает всю единичную сферу. Система приобретает все возможные ориентации. В связи с этим возникает интересная проблема с симметрией, потому что этот конкретный вид псевдовращения включает в себя бесконечное множество отдельных вращений. Поэтому мы имеем дискретную подгруппу непрерывной группы вращений. Возникает интересный вопрос: как псевдовращение связано с вращением? В течение многих лет я помнил, что Билл Моффит, когда он исследовал CH_5^+, уже думал об этом. Однажды он сказал несколько слов в разговоре, наподобие того, как Ферма написал заметку на полях, а потом это стало последней теоремой Ферма. По-моему, Моффит полагал, что знает, как решить эту проблему связи вращения и псевдовращения.

---

[1] См. интервью с К. Питцером (с. 387–394).

Давайте вернемся к самому началу. В какой момент Вы решили заняться химией и физикой?

Примерно в шесть лет мне ужасно захотелось иметь набор химических реактивов, и я получил его на рождество. Мои родители — евреи, но мы часто проводили праздники у дедушки и бабушки в Форт-Коллинз близ Денвера, и там нам удавалось отмечать и рождество, и хануку. Помнится, подарки выкладывали в сочельник, после того, как дети засыпали. И вот я проснулся в четыре или пять утра, тихо прокрался и стал рассматривать подарки. На одном из подарков, подходящем по размеру и по форме, разгладив папиросную бумагу, в которую он был завернут, мне удалось прочитать слово CHEMCRAFT. Я был так взволнован, что не смог снова заснуть, и с тех пор совершенно уверился в том, что меня интересует химия. Вспоминаю, как потом, кажется, это было в седьмом или восьмом классе, у меня были долгие споры о науке с одним из моих близких друзей; у нас обоих были лаборатории в подвалах наших домов. Я подумывал также и о физике. В десятом классе мне надо было написать сочинение о профессиях. Можно было выбрать любые две профессии, и я решил написать о химии и о физике. Помню, как меня предупреждали, что мне будет очень сложно найти работу по этой специальности, потому что тогда было много антисемитизма. Например, мне говорили, что еврею очень трудно получить работу исследователя в промышленности. Вероятно, до Второй мировой войны это так и было.

Позвольте мне забежать вперед и спросить, испытывали ли Вы впоследствии трудности такого рода?

Нет, в том, что касается профессии, я никогда ничего такого не замечал. По-видимому, мир так сильно изменился в результате наплыва европейских ученых, многие из которых были евреями, и в результате общей либерализации и демократизации взглядов. Я мог видеть лишь следы каких-то последствий антисемитизма. Например, один из знаменитых сотрудников химического факультета Чикагского университета пользовался дурной славой из-за своих антисемитских взглядов в двадцатых и тридцатых годах, но он умер за много лет до того, как я приехал в Чикаго.

Что еще побудило Вас обратиться к химии?

Мне было очень легко отдать предпочтение химии и физике благодаря книгам, которые я читал. Одной из первых книг, оказавших на меня огромное влияние, была книга «Охотники за микробами» де Крайфа. В книге говорилось о биологии, но в ней было много и химии. Она рассказывала о таких людях, как Пастер, Кох и др. Потом были еще две книги, которые я запомнил особенно хорошо: одна называлась «Волшебство в бутылке», а другая «Тигли». Эти две книги тоже были биографическими по своей композиции, но больше ориентированными на тот вклад в науку, который сделали конкретные люди.

Чем занимались Ваши родители?

Мой отец занимался сделками с недвижимостью, а мать была учительницей.

Почему Вы все-таки выбрали химию, а не физику?

Из школьных учебников я знал, что такое физика. Это было что-то о лестницах, прислоненных к стене, что-то очень скучное, а химия — это о строении атома и других интересных вещах, например о квантовой теории.

Вы думаете, что в наше время для ребенка выбор был бы таким же? Разве у нас теперь не другое понимание химии и физики?

Другое. Вероятно, сейчас химики намного менее выразительно и намного менее эффективно, чем физики, биологи или астрономы, передают эмоции, связанные со своим предметом.

Где Вы проводили свои исследования?

Когда я был студентом и аспирантом, я делал все свои работы в Гарварде. Сначала я хотел поступать либо в Массачусетский технологический институт, либо в Калтех. Мне сказали, что там лучшие факультеты естественных наук, и я хотел уехать из Колорадо. Но когда я учился в последнем классе, учитель физики предположил, что мне будет интересно поучаствовать в конкурсе, который устраивала компания «Вестингауз». Частью этого конкурса было осуществление какого-нибудь исследовательского проекта, и это стало моим первым «официальным» проектом, выполненным в нашем подвале. Любопытно, что мне никогда не приходило в голову просить у кого-нибудь помощи. Я нашел в библиотеке нечто интересное, похожее на неразрешенную проблему, купил химические реактивы. Одним из нужных мне реагентов был пентахлорид фосфора. Он был упакован в металлическую коробку. Когда я ее вскрыл, там оказались крошки какого-то вещества. Я не знал, как должен выглядеть пентахлорид фосфора, и не мог отличить его от вермикулита. Поэтому я осторожно хранил это вещество, пока не обнаружил в глубине коробки бутылку с пентахлоридом фосфора. Потом я провел эксперименты и предложил строение какого-то вещества, которое я, возможно, в действительности и не получил. Через несколько недель после того, как я отослал результаты своего исследования, мне позвонили и сказали, что я выиграл поездку я Вашингтон в числе 40 финалистов. Это был самый первый отклик на мою работу, и он, конечно, только увеличил мой интерес к науке. Я поехал в Вашингтон и там впервые в жизни встретил настоящего ученого.

К тому времени я уже решил, что меня по-настоящему интересует литература и философия, и хотел изучать эти предметы. Но я еще не сопоставлял это с моим желанием поступать в МТИ или Калтех. Тогда в Вашингтоне одним из тех, кто помогал за нами присматривать, был победитель одного из предыдущих конкурсов. Он окончил Гарвард и теперь работал в «Вестингауз». Он дал мне очень ясно понять, что можно

поступить в Гарвард и получить хорошее образование в области естественных наук. Для меня было очень важно, что можно поступить туда, где можно серьезно изучать литературу, историю и психологию, и в то же время не жертвовать качеством естественнонаучного образования. Поэтому я сразу решил, что хочу поступать в Гарвард, и я туда поступил. Это было осенью 1948 г.; степень бакалавра я получил в 1952 г. Потом в 1954 г. я получил степень магистра, которая позволяла ученым не участвовать в корейской войне, а в феврале 1956 г. — докторскую степень (Ph. D.).

Расскажите, пожалуйста, о Вашем научном руководителе.

Билл Моффит пришел в Гарвард в декабре 1952 г. Я слышал, что Ван Флек, приехав с какой-то конференции на Шелтер Айленд, где он встречался с Моффитом, сказал Э. Брайту Уилсону-младшему: «Нам нужен этот человек». Поэтому его взяли на работу на должность ассистента. После первого же разговора с ним я понял, что хотел бы с ним работать. В своей диссертации я пытался объединить эксперимент и теорию и стал работать над проектом, которым прежде занимался один из преподавателей, собиравшийся уйти из университета. По моей просьбе М. Кент Уилсон стал руководителем экспериментальной части проекта, а Билл Моффит руководил теоретической частью. Эксперимент состоял в возбуждении молекулярных спектров путем бомбардировки электронами с пороговой энергией.

Билл был очень рад мне (и другим аспирантам, которые начали работать с ним сразу после того, как он пришел в университет). Он был очень молод, чрезвычайно четко выражал свои мысли, был очень остроумен и очень вежлив. Образование он получил в Винчестере и в Оксфорде в Англии, и у него был очень характерный оксфордский акцент. Впрочем, он был шотландцем, и на вечеринках с выпивкой у него, по мере того, как он напивался, все более проявлялся шотландский акцент. Его родители были выходцами из Сазерленда, с далекого севера, и он очень гордился тем, что шотландец.

Для факультета в Гарварде Моффит был чем-то вроде интеллектуального клея, такого у них никогда еще не было. Он ходил повсюду, спрашивал людей, чем они занимаются, и говорил с людьми о их работе. Его коллеги были о нем очень высоко мнения. Он вел длительные и напряженные дискуссии с Р. Б. Вудвордом, был очень близким другом Фрэнка Вестхеймера и имел отношения, основанные на глубочайшем взаимном уважении, с Брайтом Уилсоном. Он был также очень близок с Джорджем Кистяковски, как в личном, так и в интеллектуальном плане. В конце 1958 г. Билл Моффит совершенно неожиданно умер. У него что-то было с сердцем. Наверно, ему говорили, что он должен вести себя очень осторожно и не подвергать себя физической нагрузке. Из всех спортсменов, против которых я когда-либо играл, у него был самый сильный соревновательный настрой. Играя в сквош, он рвался к мячу так рьяно, как никто другой, он и умер на площадке для игры в сквош.

У него была молодая жена, с которой мы же его когда-то и познакомили, и дочь. Ему было 35 лет.

Первым студентом, присоединившимся к Биллу Моффиту, был Эндрю Лир, который много работал над проблемами симметрии. Позднее он просто исчез после того, как проработал несколько лет в «Белл Лэбз», после получения докторской степени. Потом он перешел в институт Меллона, раньше это был Карнеги-Меллон. Однажды он оставил записку своей секретарше, в которой говорилось, что если он не вернется через год, она может взять себе все его книги. Он так и не вернулся. Это был очень продуктивный ученый.

Как работается на факультете, где есть Нобелевские лауреаты? Есть ли вокруг них некая аура? Как это влияет на повседневную жизнь факультета?

У тех, кого я знаю, кого знал и с кем имел тесный контакт, не было никакой ауры. Возможно, у них была ответственность, потому что они в некотором роде считаются представителями науки. Я имею в виду Чандрасекара, Роберта Малликена, Джима Кронина. Их уважали за то, что они сделали в науке. Есть ощущение, которого нельзя избежать: вы осознаете, что весь мир признателен им за то, что они сделали. Есть лауреаты с огромным самомнением, я их лично не очень хорошо знаю и могу вспомнить только одного, создавшего на факультете галерею, в которой представлен он сам, его награды и знаки отличия — небольшой музей, доказывающий, что он очень важная персона. Это кажется мне показателем степени ненадежности, неверия, и это немного смущает других ученых.

Стивен Берри беседует со студентами во время семинара НАТО по кластерам в Эриче (фото И. Харгиттаи)

Но, например, Роберт Малликен и после получения Нобелевской премии был так же полон решимости понять, в чем состоит истина,

и так же не боялся проверить на опыте идею, которая может быть и ошибочной.

Давайте вернемся к Вашей карьере.

В 1956 г. я получил докторскую степень (Ph. D.) и остался в Гарварде на полтора года как временный преподаватель. Потом осенью 1957 г. перешел в Мичиганский университет в Анн-Арбор на должность преподавателя сроком на три года. Затем Йельский университет предложил мне должность доцента, я перешел туда в 1960 г. и оставался там до 1964 г. Тогда Чикагский университет предлагал мне постоянную штатную должность, а в Йельском университете до этого не дошло. К тому времени Чикаго стал представляться мне Меккой, центром науки. Слава Чикагского университета достигла зенита в период после Второй мировой войны. Во многом это произошло благодаря участникам Манхэттенского проекта. Энрико Ферми, Гарольд Юри[2], Джо[3] и Мария[4] Майер и другие пришли сюда после окончания войны. Но в 1964 г. никого из них уже не было в Чикаго; Ферми, Франк и Сцилард умерли, а Майеры, Юри и Либби переехали в Калифорнию. Тем не менее, для меня там все еще была аура, в особенности благодаря моим сверстникам и людям моложе меня.

Разве Мария Майер была профессором в Чикаго?

Она работала на физическом факультете, но не была настоящим профессором, потому что там существовало правило против семейственности, по которому муж и жена одновременно не могли занимать должности в области физических наук.

Кто же решил, что должность будет у него, а не у нее?

Не знаю. Возможно, он первым получил должность. Она ходила на все факультетские собрания, могла принимать участие во всех дискуссиях. У нее только не было права голоса. Но мне говорили, что по этой причине Джо получал двойную зарплату.

---

[2] Гарольд Клейтон Юри (1893–1981) — американский физик и физикохимик. Открыл дейтерий (1932). Труды по химии и разделению изотопов, гео- и космохимии, астрофизике, проблемам возникновения жизни. Нобелевская премия 1934 г. по химии. — *Прим. пер.*

[3] Джозеф Эдвард Майер (1904–1983) — американский физик-теоретик и химик. Работы в области статистической физики, термодинамики, квантовой механики, химической физики. Один из создателей современной теории неидеальных газов, в частности в 1937 г. получил общее уравнение состояния реального газа. Ввел в статистическую механику диаграммные методы. Внес вклад в развитие формальной теории жидкостей. В 1945–1960 гг. — профессор Института ядерных исследований им. Э. Ферми Чикагского университета. — *Прим. пер.*

[4] Мария Гепперт-Майер (1906–1972) — американский физик. Труды по статической и квантовой механике, ядерной физике. Участвовала в создании оболочечной модели атомного ядра. Нобелевская премия 1963 г. по физике (совместно с Й. Йенсеном). В 1946–1960 гг. работала в Институте ядерных исследований им. Э. Ферми Чикагского университета. — *Прим. пер.*

Она получила Нобелевскую премию в 1963 г. К тому времени она еще была в Чикаго?

Тогда она уже была в Калифорнии. Она, Джо Майер и Юри вместе переехали в Сан-Диего, и там она получила должность профессора.

С 1964 г. вы остались в Чикагском университете?

Да, за исключением годичного творческого отпуска.

Каковы в настоящее время Ваши основные научные интересы?

Большая часть того, чем я сейчас занимаюсь, касается кластеров и других систем, пограничных между простыми и сложными системами. Многое из этого основывается на использовании атомных и молекулярных кластеров в качестве средств для изучения определенных явлений.

Значительная часть моей работы связана с термодинамикой ограниченных во времени процессов. Только сейчас начинают устанавливаться отношения между термодинамикой макроскопических систем и термодинамикой, которую мы применяем для изучения кластеров, т. е. термодинамикой малых, простых систем. Это включает в себя исследование их поведения во время фазовых переходов, плавления и замерзания, и определения того, какие аспекты их фазовых изменений становятся для макроскопических систем замерзанием, плавлением и испарением, а какие являются характерными только для этих малых систем и не имеют аналогов в макроскопических системах. Самая последняя работа касается вопросов, которые волнуют меня уже много лет: как система решает, быть ли ей стекловидным телом или кристаллом; откуда белок знает, как ему надо сложиться, чтобы образовать нужную структуру, и как такого рода поведение возникает вследствие взаимодействия между частицами? Можно пояснить этот вопрос с помощью образа предмета на неровной поверхности. Нечто может скатываться по неровной поверхности и попасть сначала в маленькую, неглубокую ямку, а потом в более глубокую впадину. Можно думать о таких потенциальных поверхностях так же, как мы думаем о потенциальной энергии тела, находящегося на вершине холма; этому соответствует множество структур по краям каждой впадины или у подножия холма.

Рассматривая атомные или молекулярные кластеры или молекулы, мы видим долины, горы и перевалы в пространстве очень многих измерений. Первая проблема состоит в том, как об этом думать? Как осмыслить топографию поверхности столь многих измерений? Далее встает вопрос о том, как извлечь из этого полезную информацию? Как определить, какую именно информацию стоит получить? И как эту информацию использовать?

Это звучит как обобщение проблемы псевдовращения 35-летней давности.

Верно. Псевдовращение — хороший и очень простой пример того, что может происходить. Между двумя этими проектами есть логическая связь. В начале 1980 г. я решил, что пора вернуться к вопросу о псевдовращении. Я хотел связать наблюдаемые спектры с траекторией молекулы

при псевдовращении. Мы придумали, как это в принципе можно сделать. Когда мы уже разработали этот метод, но до того, как мы его применили, я осознал, что этот подход является мощным инструментом для решения совершенно других проблем. Некоторые компьютерные модели, полученные в середине 1970 гг., говорили о том, что очень маленькие системы, атомные и молекулярные кластеры, могут принимать формы, похожие на твердое тело или на жидкость, и в них могут происходить фазовые переходы. Мы поняли, что можем создать и проверить на реальных системах аналитическую теорию, используя информацию, полученную с помощью тех самых средств, которые мы собирались использовать для установления связи между жесткими и нежесткими молекулами. Так мы начали исследовать кластеры. Это оказалось настолько плодотворным, что мы так и не вернулись к спектроскопии и интерпретации псевдовращения. И это привело меня к тому, что я все больше и больше думал о том, как обращаться с потенциальной поверхностью системы, которая слишком сложна для того, чтобы можно было извлечь из нее всю информацию, в принципе доступную для компьютера. Такая поверхность несет в себе и избыточную информацию. Какую информацию стоит извлечь? Что именно желательно знать об этих сложных потенциальных поверхностях? За последний год, во время творческого отпуска, я, кажется, нашел некоторые пути понимания и ответы на некоторые из этих вопросов, например, на вопрос, почему одни вещества образуют вполне определенные структуры, а другие имеют тенденцию к образованию стекол.

Каким образом система проверяет все виды структур, пока не найдет структуру с наименьшей энергией?

Это зависит от топографии данной потенциальной поверхности. Для некоторых видов поверхностей, например, для кластеров атомов аргона или меди, система проверяет и исследует все возможные структуры случайным образом. А вот хлорид натрия образует кристаллы каменной соли почти мгновенно. Он делает это даже вопреки статистической вероятности, которая в этом случае даже меньше, чем для белка вероятность сложиться в правильную физиологически активную структуру.

Значит, Вы знаете, какое время требуется различным системам для того, чтобы найти свою наиболее выгодную структуру?

Более того, мы начали понимать, почему система не идет по пути случайного поиска. Давайте опять подумаем о потенциальной поверхности в терминах долин, гор и перевалов в гористой местности. Система стартует в одной из очень высоких долин, проходит по относительно низкому перевалу и идет в другую котловину, которая лежит немного глубже. Затем она может быстро спуститься в эту следующую долину, поскольку обычно существует подходящий крутой спуск. И она спускается быстро и достигает дна. Если бы следующий перевал был очень высок, система могла бы исчерпать энергию (с помощью которой она преодолевает очередную седловину) до того, как она достигнет следующей вершины.

Но если следующий перевал не настолько высок по сравнению с глубиной предыдущего минимума, то кластер может сбежать вниз, затем подняться немного вверх и опять спуститься вниз через следующий перевал. В кластерах атомов меди или инертных газов очередная седловина оказывается весьма высокой, и очень может быть, что через нее будет трудновато перевалить. А в случае каменной соли, похоже, существует множество спусков, гораздо более глубоких, чем очередная седловина, которую нужно преодолеть кластеру на пути к структуре кристалла каменной соли. Поэтому кластер очень быстро бежит вниз и становится весьма упорядоченной структурой.

О таких вещах Вы и мечтали, когда Вам было шесть лет?

Хотелось бы, чтобы это так и оказалось.

Литература

1. *Berry R. S.* J. Chem. Phys. **1960**, *32*, 933–38.

34

Что побудило вас обратиться к химии?*

Со времени своего первого издания в 1926 г. книга Пола да Крайфа «Охотники за микробамн» была и остается одиим из важиейших факторов, побуждающих одаренных детей выбрать химию своей профессисй. Другим источником вдохновения является набор химических реактивов. Судя по моему опыту разговоров с великими химиками, учителя в этом списке занимают лишь третье место.

Книга «Охотники за микробами» рассказывает об ученых-естествонспытателях, причем большей частью не о химиках, так что определяющим фактором, повлиявшим на будущих химиков, было стремлеиие к раскрытию секретов природы, а не что-нибудь специфически химическое. Пол де Крайф (1890–1971) опубликовал много книг, но ни одна из иих не имсла такого успеха, как «Охотники за микробами». Он написал глубоко личную книгу «Стремительный ветер» («The Sweeping Wind», издательство «Harcourt Brace») — о том, как он стал писателем. Но вместе с тем это история всей его жизии, о которой ои захотел рассказать после смерти второй жеиы, Реи Элизабет Барбарии, в 1957 г.

Пол де Крайф на суперобложке книги «Стремительный ветер»

Доктор де Крайф познакомился с лаборанткой Реей в 1919 г., когда ои возобновил свою работу в бактериологической лаборатории медицииской школы Мичигаиского уииверситета после двухлетней службы в армии во время Первой мировой войны. Его исследование было посвящено токсину гемолнтического стрептококка. Он также читал курс

* Этот раздел представляет собой переработанную редакционную статью из журнала: The Chemical Intelligencer. 1998, *4* (2), 3, 1998, Springer-Verlag, New York, Inc.

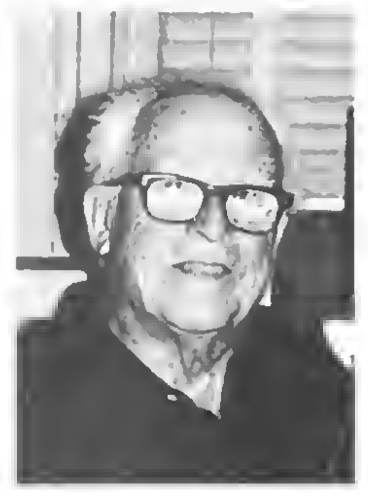
бактериологии повышенного типа. Де Крайф женился на Рее в 1924 г., бросив жену и двух сыновей (он не видел их в течение следующих 24 лет). Еще в 1919 г. он решил писать научно-популярную литературу. Сначала это было его побочное занятие, но с 1922 г. оно стало основным. В этом году он уволился (или его уволили) из Рокфеллеровского института медицинских исследований в Нью-Йорке, куда он к тому времени перешел. В Рокфеллеровском институте он продолжал свои исследования и публиковал статьи по иммунологии совместно с Джоном Х. Нортропом, получившим Нобелевскую премию по химии в 1946 г. за кристаллизацию ферментов — пепсина и трипсина. Нортроп был одним из многих знаменитых ученых, с которыми столкнулся де Крайф за время своей карьеры. Другим был Жюль Борде [1], бельгиец, получивший Нобелевскую премию по физиологии и медицине в 1919 г. Борде похвалил литературный стиль де Крайфа и дал ему пророческий совет: «Вам нужно взяться за роман о микробах».

В эти годы де Крайфу посчастливилось стать учеником Синклера Льюиса, который пригласил его помочь ему в написании «Эрроусмита». В то время Льюис был знаменит как автор романа «Главная улица», и вот-вот должен был выйти из печати «Бэббит». В 1930 г. ему была присуждена Нобелевская премия по литературе. Роман «Эрроусмит» рассказывал о Мартине Эрроусмите, упорном молодом человеке, одержимом мечтой стать «охотником за микробами». Оглядываясь на этот период своей жизни, де Крайф заметил: «Рыжий [прозвище Синклера Льюиса] научил меня освобождать мое воображение».

Де Крайф начал писать «Охотников за микробами» в 1923 г., и издательство «Харкорт Брейс» предоставило ему для этого щедрый контракт. Название книги предложил Дональд Брейс. Книга вышла в 1926 г., тираж первого издания был 2800 экз. К лету того же года книга стала бестселлером среди американской документальной литературы, и вскоре было продано уже свыше 100 000 экз. С тех пор печатаются все новые издания «Охотников за микробами». Генри Менкен [2], сыгравший основную роль в том, что Пол де Крайф стал писателем, так охарактеризовал эту книгу: «Это одна из наиболее благородных глав в истории человечества».

[1] Жюль Борде (1870–1961) — бельгийский иммунолог и бактериолог. Исследовал механизм серологических реакций; открыл реакцию связывания комплемента. Установил возбудителя коклюша и разработал метод иммунизации. Нобелевская премия 1919 г. — *Прим. пер.*

[2] Генри Менкен (1880–1956) — американский критик, публицист, сатирик. Решительно размежевывал английские и американские культурные традиции; ратовал за художественное осмысление новейших форм общества с позиций индивидуалистической критики (сатирическая серия «Предрассудки», 1919–1927). Пропагандировал творчество Ф. Ницше, Т. Драйзера, С. Льюиса. — *Прим. пер.*



Кеннет Питцер, 1996 г.
(фото И. Харгиттаи)

35

Кеннет Питцер (Kenneth S. Pitzer)

О «напряжении Питцера» я узнал еще будучи студентом, но с тех пор я о нем почти ничего не слышал. В феврале 1996 г. мы с женой были в Калифорнии и поехали в Беркли, главным образом для того, чтобы встретиться с Жанной Пиментел и Габором Шоморьяи. Жанна написала прекрасную статью о своем покойном муже Джордже Пиментеле для «The Chemical Intelligencer» [1]. Добавлением к этой статье был написанный Кеннетом Питцером и К. Брэдли Муром краткий очерк профессиональной деятельности Джорджа Пиментела и список полученных им наград [2]. Потом Жанна организовала нашу встречу с профессором Кеннетом Питцером. Я записал разговор с ним, послал ему расшифровку записи, и в апреле 1996 г. он ее исправил.

Кеннет С. (Сэнборн) Питцер (1914–1997) родился в Помоне (штат Калифорния). Он получил степень бакалавра наук (B. S.) в Калифорнийском технологическом институте в 1935 г., а докторскую степень (Ph. D.) — в Калифорнийском университете в Беркли в 1937 г., где и работал долгое время, в конечном счете поднявшись до положения декана химического колледжа. Он был также ректором Университета Райса и — в течение короткого времени — ректором Станфордского университета. В 1943–1944 гг. был на военной службе, работая техническим директором Мэрилендской исследовательской лаборатории; затем с 1949 по 1951 гг. был директором Комиссии по исследованию атомной энергии, а с 1960 по 1962 гг. — председателем этой комиссии. В 1961 г. он и Лео Бруэр переработали первое (1923) издание «Термодинамики» Льюиса и Рэндалла, а всего

за несколько месяцев до нашего разговора он один опубликовал третье исправленное издание этой книги и, похоже, был очень этим доволен.

Кеннет Питцер был членом Национальной академии наук и многих других научных обществ. Он получил много знаков отличия и премий, в том числе Национальную медаль науки Соединенных Штатов, медаль Пристли Американского химического общества, золотую медаль Американского института химиков и премию Роберта А. Уэлча.

Поскольку интервью 27 февраля 1996 г. было незапланированным, я не подготовился к нему дома, как обычно это делаю; мои вопросы были спонтанными и не особенно разносторонними. Впрочем, теперь, вспоминая этот разговор, я могу сказать, что Кеннет Питцер позволил мне узнать о себе довольно много для одной встречи. В других случаях, я думаю, он не был таким общительным[1].

Насколько я понимаю, Вы активно участвуете в деятельности Национальной академии наук. Кроме того, что Вас избрали ее членом много лет назад, в чем еще состояла Ваша работа в академии?

Я дважды был членом Совета академии: один раз в шестидесятых, когда я был ректором Университета Райса, а потом еще раз в семидесятых, когда я вернулся в Беркли. Я также был членом и председателем нескольких комитетов академии, в том числе Комитета по выдвижению кандидатур на должность президента академии.

Спрашивает ли правительство Соединенных Штатов совета у академии и ценит ли оно ее советы?

Бывает по-разному. Иногда советы бывают очень ценными, и Конгресс их принимает. Бывает, что и не принимает.

Вы не могли бы привести примеры?

Недавно возник вопрос о том, как избавляться от слаборадиоактивных отходов, вроде тех, которые остаются после диагностических процедур в больницах и т. д. В Калифорнии предлагали использовать для этих целей очень сухую пустынную местность, предположительно изолированную от бассейна реки Колорадо. Этот вопрос изучался в мельчайших подробностях. Многие были удовлетворены и считали, что это была подходящая местность, и не было риска утечек в бассейн реки Колорадо; в прочих отношениях это была бесполезная пустынная земля. Но некоторые воспротивились этому. Академия изучила этот вопрос и рекомендовала провести несколько дополнительных экспериментов; казалось, однако, очень маловероятным, что они изменят общую картину. Это удовлетворило почти всех в Конгрессе, но закаленные сторонники защиты окружающей среды, в том числе один сенатор от Калифорнии, продолжали выступать против. В конце концов, министерство внутренних дел, в чьей юрисдикции был этот вопрос (поскольку эта земля является федеральной собственностью), решило отказать в передаче земли штату Калифорния для использования в качестве места захоронения отходов до проведения

[1] См. также интервью с Р. Кёрлом (с. 333–336).

этих дополннтельных экспериментов. Это тот случай, когда была надежда, что исследование, проведенное академией, решит проблему, доведет до сознания людей имеющиеся факты и позволит делу двигаться дальше. Однако результаты были неясными, и хотя исследование, проведенное академией, было полезным, ситуация осталась неопределенной.

Другой недавний пример — сравнение уровня подготовки докторов (Ph. D.) на разных факультетах университетов. По этому показателю мы оказались первыми, далее, почти наравне с нами — Калтех, третьим был Гарвард. Группа из академии, проводившая этот конкурс в рамках Исследовательского совета, сделала это очень тщательно.

Кроме Университета Райса Вы были одна время также ректором Стэнфордского университета. Занимали ли Вы еще какие-нибудь руководящие должности где-нибудь помимо Беркли?

Во время Второй мировой войны я был техническим директором группы, располагавшейся за пределами Вашингтона и разрабатывавшей устройства для поддержки разведывательной и партизанской деятельности за линией фронта, в том числе бомбы с часовым механизмом. Это было в Мэрилендской лаборатории, руководство которой взяло на себя Бюро стратегических служб; из него впоследствии выросло ЦРУ. Нашим наиболее успешным проектом были устройства для подрыва поездов, которые французские подпольщики использовали во время высадки союзных войск в Нормандии. Они, по существу, блокировали работу железных дорог в Северной Франции, и немцы в течение некоторого времени не могли ими пользоваться.

После войны я вернулся в фундаментальную науку. Потом в 1948 г. меня пригласили на должность руководителя исследований Комиссии по атомной энергии (КАЭ). Это была вновь созданная организация, пришедшая на смену программе создания ядерного оружия. Я занимал эту должность в течение двух с половиной лет, начиная с января 1949 г., и основал вашингтонскую штаб-квартиру этой организации, предназначенной для фундаментальных исследований в области физики. Было решено, что, помимо координирования работ исследовательских лабораторий в Оук-Ридж (в Аргонне, близ Чикаго) и в Лос-Аламосе, КАЭ должна значительно больше заниматься поддержкой исследований в отдельных университетах, а не только в национальных лабораториях. По существу именно я этим и занимался.

Вы встречались с Эдвардам Теллером?

Да, но это было даже раньше. Одно из моих важных ранних исследований было посвящено внутреннему вращению в молекуле этана, вопрос о котором вызывал большие разногласия. Эдвард был одним из тех, кто занимался этим вопросом. Так что у нас были точки соприкосновения. Хотя то, что он делал, было правильным, окончательно проблему решили наши измерения теплоемкости при низкой температуре.

Мне всегда нравились дискуссии с участием Эдварда. Крупная полемика, в которой он принимал участие (и я был при этом на его стороне),

Кеннет Питцер вскоре после окончания войны (предоставлено Национальной лабораторией имени Гленна Т. Сиборга и Э. О. Лоренса в Беркли)

касалась энергичной программы, связанной с попыткой создання термоядерного оружня. Моя познцня заключалась в том, что нельзя защнщать Соедмненные Штаты в этом беспокойном мнре, сознательно оставаясь в стороне от такого важного вопроса. Эдвард был еще более уверен в этом н хотел быть в центре событнй, в то время как я оставался, так сказать, у боковой лнннн. Главный консультатнвный комнтет, в котором заправлял Роберт Оппенгеймер, протнвнлся этому н заявлял, что энергнчные действия в этом направленнн не былн необходнмымн, нлн же нх следовало предпрнннмать только после совместного с Советскнм Союзом нсследовання вопроса о том, могут лн обе стороны воздержаться от создання термоядерного оружня. Я с этнм не соглашался н открыто говорил, что мы должны, по крайней мере, провестн научные исследования. Эдвард был еще более откровенным. Еслн оглянуться на прошлое, станет понятно, что мы, конечно, былн правы. Сейчас совершенно ясно, чем занималась тогда Россня. Онн полным ходом шлн по этому путн. Мы былн первымн, но опередилн нх ненамного. В нашей стране была бы совсем другая ситуацня, еслн бы первымн оказалнсь онн, н еслн бы было нзвестно, что мы медлилн преднамеренно.

Давайте вернемся к Вашей карьере. Когда я был студентом, мы изучали «напряжение Питцера».

Эта термннологня всегда была более распространена в Европе, чем в США. Первой рассмотренной молекулой был этан, н вопрос заключался в том, могут лн две метнльные группы свободно вращаться относнтельно друг друга. Была некая теорня, говорнвшая, что ограничення такого вращення должны быть пренебрежнмо малы по сравненню с тепловой энергней прн комнатной температуре. Былн также некоторые указання на то, что этн ограннчення могут быть существеннымн. Я случайно стал участнлком этого спора, когда прнбыл на место действня в 1935 г. как аспнрант-новнчок. После четырех лет в Калтехе у меня было больше опыта, чем у обычных аспнрантов первого года. Измерення теплоемкостн, теплоты испарення, теплоты плавлення н т. д. для этана первоначально проводилн два будущнх ннженера-хнмнка, н онн

не знали, что делать с этими измерениями, а их руководителя профессора Джиока они тоже не интересовали. Поэтому один из них, Дж. Д. Кемп, попросил меня посмотреть, что здесь можно сделать, и я взялся за это и почитал литературу, в том числе статью Теллера. Я решил исследовать энтропию и проинтегрировал теплоемкость, деленную иа температуру, по температуре. Я получил иедвусмысленный ответ: величиниа вращательиого барьера близка к 3 ккал/моль. Вращение определенно имело ограничения, поэтому Кемп и я написали об этом сначала письмо редактору, а потом и полиоценную статью. Я продолжил эти исследования с другими углеводородами, сиачала с углеяодородами с открытой цепью.

Расскажите, пожалуйсто, побольше о начольной стадии исследований агранченного внутреннега вращения.

В период 1930–1935 гг. было опубликовано иесколько статей об этаие и других легких углеводородах. Все предполагали иаличие свободного вращения, и большинство не видело никакой несовместимости этой гипотезы с данными экспериментов. Только Теллер и Топли в 1935 г. отметили, что с этаиом есть проблема и что частично решением этой проблемы могло бы быть обиаружеиие достаточио высокого барьера виутреннего вращения. Однако оии считали существование такого барьера настолько маловероятным, что даже не стали сопоставлять эту гипотезу со всеми известными свойствами. Только в нащей с Кемпом статье было показано, что барьер величиной около 3 ккал/моль согласуется со всеми имеющимися данными по этаиу.

Я полагал, что потенциал, тормозящий вращение вокруг одинарной связи углерод—углерод в насыщениых углеводородах, имеет то же самое значение и в циклопентане, и циклогексане. Но тут вмешалась Вторая мировая война, и я не смог заняться циклическими молекулами до ее окоичания. Циклопеитан считался плоским. Для тетраэдрических атомов углерода это полиостью согласуется со значениями валентных углов С—С—С в пятичлеииом цикле, но при этом все атомы водорода вокруг кольца оказываются в заслоиенном положении, для которого потеициальиый барьер имеет максимальиое значение. Поэтому в циклопентане возникает иапряжеиие, называемое напряжением Питцера. В циклогексаие строеиие цикла складчатое — таким образом достигается соответствие углов С—С—С тетраэдрическим зиачеииям. В конформации кресла все атомы водорода расположеиы в шахматном порядке, что соответствует минимуму потенциала, поэтому напряжения Питцера нет. А в конформацни ваииы эиергия напряжения близка к 6 ккал/моль. Эта работа вышла сразу после войиы, примерио в 1946 г.

Вы знали а канформоциях «кресло» и «воннo»?

Это было известио из литературы. Одд Хассель занимался замещенными циклогексанами. Мы разработали эти понятия одновременно и иезависимо друг от друга и почти не знали о работе друг друга, пока исследования ие продвииулись достаточно далеко. В вопросе о приоритете все зависит от того, что считать ключевым; в некоторых аспектах он, вероятно, был

первым, но, несомненно, были и такие аспекты, в которых я опередил его. Впрочем, чтобы судить справедливо, мне надо освежить в памяти эту историю.

Первую статью по двум типам циклов я написал один. Потом у меня были сотрудники, и мы тщательно исследовали как пятичленные, так и шестичленные циклы. Работа была закончена к 1948 г., когда я переехал в Вашингтон. После войны наступил очень плодотворный период — в это время многие талантливые молодые люди вернулись к своим исследованиям, прерванным войной. Одним из самых талантливых был Джордж Пиментел из моей группы.

Вы работали над книгой Г. Н. Льюиса.

Знаменитую книгу «Термодинамика» написали Льюис и Рэндалл, она была опубликована в 1923 г. На много лет она стала стандартным американским учебником, и так было до 1950-х гг. Однако она начинала устаревать, и издатели (Мак-Гроу-Хилл) предложили мне подготовить переработанное и исправленное издание.

К тому времени оба автора уже умерли. Я пригласил в соавторы Лео Бруэра. Мы подготовили переработанное издание и опубликовали его в 1961 г. Это второе издание пользовалось успехом в течение более двадцати лет. Во время подготовки третьего издания Бруэр перестал участвовать в работе, отчасти, как я полагаю, в связи со смертью жены. Я закончил подготовку третьего издания один, и оно вышло несколько месяцев назад. Его еще только начинают использовать.

Вы получили Национальную медаль науки. Ее дали Вам за какое-нибудь конкретное достижение?

Нет. Национальная медаль науки не дается за что-нибудь одно.

Это было довольно давно — в 1974 г.

В 1974 г. я уже не был желторотым цыпленком. У меня фактически было все, кроме Нобелевской премии, а получить ее — это, пожалуй, дело удачи. Я не из тех, кто оглядывается назад и говорит: а что было бы, если бы... Хотя невозможно не делать этого время от времени, я занимаюсь этим очень редко. Правила, регулирующие присуждение Нобелевской премии, накладывают большие ограничения. Ее нельзя просто разделить на три части. Может быть награждена группа из двух человек, сотрудничавших друг с другом, и еще один человек. Если бы меня включили в число номинантов вместе с Бартоном и Хасселем, то я бы стал третьим человеком, не сотрудничавшим ни с одним из остальных. По-моему, это запрещено правилами Нобелевского комитета. Вероятно, я мог разделить эту премию с Хасселем, а Бартон получил бы ее позднее за более сложные молекулы или что-нибудь вроде этого. Но я уже говорил, что не трачу времени на размышления об этом.

Кроме Национальной медали науки я получил премию Роберта Уэлча, и если говорить о денежном вознаграждении, она в то время была лишь немногим меньше Нобелевской премии, причем я ее получил

один. Я получил также высшую награду Американского химического общества — медаль Пристли.

Что изначально побудило Вас обратиться к химии?

Я стал склоняться к этому в 1931 г., когда был первокурсником в Калтехе. В то время «старик», основатель современного химического факультета в Калтехе и вообще современного Калтеха, Артур Нойес[2] продолжал активно заниматься наукой, но не хотел соревноваться за аспирантов с более молодыми сотрудниками. Он предпочел работать со студентами, закончившими первый курс. У него был летний дом в красивом месте у самого берега. Там была лаборатория, занимавшаяся в основном океанографическими исследованиями, но была и химическая лаборатория. Я проводил там для Нойеса некоторые исследования соединений серебра в степени окисления +2 и +3. Это было потрясающе: я был вовлечен в научное исследование, имел возможность опубликовать о нем статью, мог заработать себе кое-какую репутацию в области аналитической химии. Как бы то ни было, под влиянием Артура Нойеса я довольно прочно настроился на химию. К тому же заниматься химией было более практично, чем физикой, где мне пришлось бы конкурировать со многими, а следует помнить, что это было время Великой депрессии. Позднее, будучи студентом, я проводил и другие исследования и даже определял строение кристаллов вместе с Лайнусом Полингом. Он, впрочем, уклонился от соавторства в статье, и она вышла только под моим именем. Он сказал: «Публикуйте это от себя». Не хочу сказать, что он отказался поставить свое имя. Он, скорее, сказал, что это — рутинное определение структуры, интересное, но рутинное, и что это ничего не добавит к его репутации, но может привлечь внимание ко мне. Это и было последнее, что я сделал в Калтехе до того, как я переехал в Беркли. Позднее я делал упор на статистическую термодинамику, если понимать этот термин очень широко, но всегда сохранял интерес к структурам. Последнее относится и к водным растворам. Хотя их структура сложна, существуют капитальные упрощения. Я люблю говорить о них, потому что эта проблема связана с именем моего научного руководителя доктора Латимера. Примерно в 1936 г. вышла статья, написанная Латимером, еще одним студентом и мной, об энергии и энтропии гидратации ионов. Речь шла об изолированном ионе, находящемся в воде. Это очень простая модель, для которой Макс Борн предложил свою теорию заряда в диэлектрической среде. В этой теории используется радиус заряда. К тому времени Полинг определил радиусы ионов в кристаллах, но если подставить радиус Полинга, получится неправильный ответ. Это и не удивительно: понятие диэлектрической постоянной нельзя использовать для расстояний порядка радиусов Полинга. Более того, нет причин полагать, что радиусы Полинга годятся для растворов. Ведь они были найдены из рассмотрения кристаллических структур. Собственно говоря, нам нужно

[2] См. примечание на с. 234.

было знать расстояние от иона до диполя молекулы воды. Мы решили добавить к ионному радиусу некую величину, одну для положительных ионов, другую — для отрицательных, чтобы получить подходящий радиус для формулы Борна, а также правильное значение энергии гидратации. В случае положительного иона электронные пары воды подойдут к нему почти вплотную, а в случае отрицательного — к иону приблизится протон (все это с соответствующими поправками). Наша модель сработала неплохо — статья до сих пор цитируется. Подход был весьма общим. Чтобы увеличить точность, надо усложнить модель.

Литература

1. *Pimentel J.* The Chemical Intelligencer. **1996**, *2* (3), 53–58.
2. *Pitzer K. S.*, *Bradley Moore C.* The Chemical Intelligencer. **1996**, *2* (3), 58.

Шервуд Роуленд, 1996 г.
(фото И. Харгиттаи)

36

Шервуд Роуленд (F. Sherwood Rowland)

Шервуд Роуленд (родился в 1927 г. в Делавэре, Огайо) — профессор химии в Калифориийском уиивереитете в Ирвайие. В 1995 г. ои разделил Нобелевскую премию с Паулем Й. Крутценом из Института химии имени Макса Плаика в Майнце (Гермаиия) и Марио Дж. Молиной из Массачусетского техиологического института. Они получили Нобелевскую премию «за их работу в области химии атмосферы, в частиости, за исследоваиия, отиосящиеся к образоваиию и распаду озоиа».

Шервуд Роуленд получил начальиое и среднее образование в Делавэре, окоичив школу в возрасте 16 лет. Его учитель естествозиания иередко на короткое время доверял ему управление местной любительской метеостаицией. В 1943 г. ои поступил в Уэслеаиский университет штата Огайо в Делавэре. В возрасте 18 лет ои прервал учебу и был призван в военноморской флот. Окончил уииверситет в 1948 г. Затем поступил в аспирантуру иа химическом факультете Чикагского уииверситета, где его руководителем был Уиллард Ф. Либби (Нобелевский лауреат по химии 1960 г.)[1]. Он слушал курсы физической химии у Гарольда Юри (Нобелевского лауреата по химии 1934 г.) и Эдварда Теллера, неорганической химии —

[1] Уиллард Фрэнк Либби (1908–1980) — американский физикохимик. Участник разработки газодиффузионного способа разделения изотопов урана. Создал метод радиоуглеродного датирования (1947). В 1953 г. предложил метод определения возраста с помощью изотопа трития. — *Прим. пер.*

у Генри Таубе (Нобелевского лауреата по химии 1983 г.)[2], радиохимии — у Либби, ядерной физики — у Марии Гепперт-Майер (Нобелевского лауреата по физике 1963 г.) и Энрико Ферми (Нобелевского лауреата по физике 1938 г.). Защитил докторскую (Ph. D.) диссертацию в 1952 г. и начал академическую карьеру в Принстонском университете. В 1956–1964 гг. работал в Канзасском университете, с 1964 г. работает в Ирвайне.

Наш разговор был записан в кабинете профессора Роуленда в Ирвайнском кампусе 22 февраля 1996 г. и опубликован в журнале «Химический собеседник»[3].

Дво года нозод я был но совещании по химии фторо в Иокогоме, и том было специольное зоседоние, посвященное хлорфторуглеродом. Прилетели официольные лицо из Вошингтоно и Лондвно, приехол предстовитель провительство из Токио. Они произнесли кросивые речи о необходимых мерох предосторожности, но они косолись только Северной Америки, Зоподной Европы и Японии. Меня озодочило полное отсутствие беспокойство об остольном мире.

Хлорфторуглероды — принадлежность общества изобилия. Взять, например, автомобиль. В странах третьего мира автомобили не слишком многочисленны. Кондиционер в автомобиле тем более является признаком общества изобилия. Аэрозоли, спрэи для волос, дезодоранты или чистящие средства для микроэлектроиики — все эти продукты производят развитые страны. Поэтому контроль производства в Германии, Франции, Италии, Японии, Соедииеиных Штатах и в нескольких других странах решает проблему на 95–98 %.

Кок возникло осознание опосности, связанной с хлорфторуглеродоми?

Философия научного исследования, которой я научился во время подготовки диссертации у своего научного руководителя Уилларда Либби, знамеиитого открытием датирования по углероду-14, заключалась в том, что все волиующее и приятное в науке идет от созидания нового. В английском языке есть два выражеиия: «in the groove» и «in the rut», буквальный перевод которых дает в точности одно и то же («в желобе, в колее»), но одио означает, что дела идут очень хорошо («в привычиом русле»), а другое — что вы попались в ловушку, снова и снова повторяя какое-нибудь действис («засосала рутииа»). Грань между тем, чтобы войти в русло глубокого понимания вопроса и тем, чтобы долбить одну и ту же проблему слишком долго, не такая уж резкая. Когда вы первый раз проводите эксперимент, у вас нет в точиости такой аппаратуры, которая нужна; в следующем эксперименте вы ее усовершенствуете; в третий раз все уже делается, как надо. Но когда вы проводите эксперимент в десятый раз, он в действительности вам не нужен, потому что вы знаете,

[2] Геири Таубе (родился в 1915 г.) — американский физикохимик. Труды по изучению механизмов реакций с переносом электроиа, в частности в растворах, содержащих комплексы переходиых металлов. — *Прим. пер.*

[3] The Chemical Intelligencer. 1996, *2* (4), 14–23, 1996, Springer-Verlag. New York, Inc.

каким должен быть результат. В этом случае эксперимент фактически уже не является экспериментом. Поэтому нужно оставаться в привычном русле достаточно долго, но выбраться из него прежде, чем засосет рутина.

С самого начала своей карьеры я делал сознательные попытки размышлять над этим каждые шесть, восемь или десять лет и сворачивать в новом направлении, не обязательно порывая с тем, чем мы занимались раньше. Меня первоначально воспитывали как радиохимика. Радиохимия для нас означала исследование химических реакций атомов, получающихся в ходе ядерных реакций, — химию «горячих атомов». Многое из этого было сделано с атомами трития, возникающими при реакциях тепловых нейтронов либо с гелием-3, либо с литием-6. Атомы трития, получающиеся при этом, обладают энергией в первом случае — 192 тыс. эВ, во втором случае — 2,7 млн эВ. Так что в них огромное количество энергии, и никакое столкновение такого атома с молекулой не может его остановить. Но когда этот атом потеряет бо́льшую часть избыточной энергии при столкновении, он может оказаться связанным с другими атомами и войти в состав стабильной молекулы. Если следить за этим атомом трития, можно увидеть и его последнее столкновение — то самое, в результате которого образуется химическая связь. Очень неопределенной является как раз величина энергии, которой обладает атом трития перед последним столкновением. Поскольку атомы в этом процессе зачастую обладают энергией в несколько электронвольт, за ними закрепилось название «горячие атомы». Одно время мы вводили такие атомы в контакт с различными органическими молекулами и изучали физическую органическую химию этих реакций. Первый эксперимент был проведен с кристаллической глюкозой, и мы обнаружили, что богатый энергией атом трития способен заместить атом водорода, связанный с углеродом глюкозы, причем с сохранением конфигурации; т.е. в результате получалась именно радиоактивная глюкоза, а не какой-нибудь другой изомерный сахар. Эта реакция замещения была прежде неизвестна и до сих пор остается по существу неисследованной. Нельзя ожидать, что атомы водорода заместят что-нибудь в углеводородном каркасе, если они не обладают очень большой энергией. Позднее мы проделали это с метаном и показали, что порог энергии активации для реакции замещения трития с метаном составляет около 1,5 эВ. Если с метаном реагируют тепловые атомы водорода, они вытягивают из него его собственные атомы водорода и образуется H_2. Но если атом обладает достаточной энергией, он может также инициировать реакцию замещения.

Свой первый эксперимент с тритием я провел в Принстоне. Затем я перешел в Канзасский университет в Лоренсе. В ходе анализа мы подсоединяли к газовому хроматографу пропорциональный счетчик, и получалась радио-газовая хроматография. Мы измеряли радиоактивный выход появившихся атомов и молекул. Дело шло неплохо. Первая публикация по химии горячего атома трития появилась в середине 1950 гг. Это была почти первая моя публикация после окончания аспирантуры, она вышла

в «Science». В результате ко мне пришли из Комиссии по атомной энергии и сказали: «Мы хотели бы финансировать вашу работу». КАЭ стала финансировать мои исследования, когда я переехал в Канзас в 1956 г.

Я вырос в Огайо, и Средний Запад был мне по душе. Докторскую степень (Ph. D.) я получил в 1952 г. в Чикагском университете. Осенью того же года я стал работать в Принстонском университете в должности преподавателя, а потом, в 1956 г., перешел в Канзасский университет на должность ассистента. Мое положение осложнялось также тем, что когда в 1954 г. ко мне обратилась КАЭ, декан факультета в Принстоне отказался принять от нее финансовую поддержку моих исследований: он сказал, что я слишком молод, чтобы иметь независимую финансовую поддержку. Потом мне сделал предложение Канзасский университет, и тогда Принстон тоже сделал мне аналогичное предложение — фактически их предложение было даже лучше. Но мне не понравился ход переговоров — не понравилось, как они под давлением сделали то, что не сделали бы ради моих заслуг, — и поэтому я поехал в Канзас. Канзасский университет построил специальное большое помещение для радиохимии, там и началась моя работа над проектом КАЭ.

Канзас был для меня весьма плодотворным местом; у меня там было много хороших аспирантов; и у нас была свобода исследовательской работы. Я пробыл там восемь лет, и в 1964 г. перешел сюда, в Ирвайн, будучи уже профессором. Сейчас идет 32-й год моей работы в Калифорнийском университете Ирвайна (КУИ). Этот университетский городок (кампус) не принимал студентов до 1965 г. Моей основной задачей в качестве декана-основателя было за один год сделать факультет работающим.

В начале 1960 гг. я решил, что пришло время заняться чем-нибудь другим, и мы переключились на фотохимию. Мы воспользовались нашими уникальными возможностями в области радио-газовой хроматографии и использовали в экспериментах радиоактивные соединения. Для начала мы занялись тем, что, как мы полагали, было нам очень хорошо понятно, а именно реакцией метилена с углеводородами. Мне казалось, что мы получим некоторые преимущества, если будем изучать то, что при этом происходит, пометив фотохимические фрагменты изотопами: тогда можно будет увидеть то, что раньше было недоступно. Но оказалось, что метилен мы понимали не так хорошо, как думали. В то время, когда мы начали им заниматься, существовало две обзорных статьи, вышедших с интервалом около двух лет в начале 1960-х гг.; в одной из них говорилось, что метилен — одно из самых химически активных веществ в природе, а в другой — что метилен чрезвычайно инертен. Оказалось, что обе статьи были правильными. Первая описывала синглетный метилен, а вторая — триплетный. Как выяснилось, почти во всех наших экспериментах с метиленом самые интересные результаты невозможно было бы получить, если бы метилен не был радиоактивным, если бы мы не могли следить за его поведением с помощью изотопов.

В конце 1960-х гг. мы занялись экспериментами с радиоактивными хлором и фтором. Нашим инертным газообразным источником трития

был гелий-3, бомбардируемый нейтронами. Но ядерные реакции, необходимые для получения радиоактивного хлора или фтора, начинались с атомов того же самого элемента, используемых в качестве мишени. Тепловые нейтроны реагируют с хлором-37 с образованием радиоактивного хлора-38, а быстрые нейтроны делают радиоактивный фтор-18 из стабильного фтора-17. Мы искали инертные источники для удержания стабильного изотопа хлор-37, и одним из них стал монохлортрифторметан — $CClF_3$. Мы знали, что он не реагировал с большинством тепловых атомов. Но мы обнаружили, что атом хлора, обладающий большой энергией, может вступить в реакцию и заместить один из атомов фтора или атом хлора, причем в любом случае молекула становится радиоактивной. Часто процесс замещения возбуждал молекулу до такой степени, что она распадалась на фрагменты. Но большинство радиоактивных атомов хлора термализировались.

С 1964 г., т. е. со времени моего приезда сюда, я был председателем химического факультета, а в 1970 г. решил, что шести лет вполне достаточно, и вернулся к исследованиям, с тех пор занимающим все мое рабочее время. Осенью того года я поехал на совещание в Зальцбурге в Австрии, на котором обсуждалось применение радиоактивности для изучения окружающей среды. В то время я не проводил исследований такого рода и просто смотрел, нет ли там чего-нибудь, что могло бы меня заинтересовать. Это совещание имело два последствия. Во-первых, по дороге из Зальцбурга в Вену после этого совещания я оказался в одном купе с человеком из Комиссии по атомной энергии, Уильямом Марлоу. В его обязанности входила организация совещаний с целью взаимного обогащения метеорологии и химии. Конечно, КАЭ интересовало применение изотопов, и поэтому они поддерживали мои исследования. Их также интересовали радиоактивные осадки в атмосфере, поэтому они и проводили такие совещания. Чтобы больше узнать об атмосфере, была предпринята попытка заинтересовать исследованиями атмосферы как можно больше химиков. Очень долго я пользовался финансовой поддержкой КАЭ. Это началось в 1956-м г. и закончилось в 1994-м. За этот период в КАЭ произошли две крупных реформы, но мой контракт в основном продлевался, и даже после моего перехода из Канзаса в Ирвайн. Это была великолепная поддержка, которая предоставляла мне большую свободу действий.

Почему они прекратили финансирование в 1994 г.?

Видимо, они решили, что наша работа уж слишком долгосрочная. Но к тому времени КАЭ уже не была главным спонсором наших исследований — основная поддержка шла от НАСА.

Вернемся к тому совещанию в Зальцбурге в 1970 г. Оттуда я вернулся с идеей нового эксперимента, которая заключалась в следующем. В то время большой интерес вызывали отравления ртутью. Нам удалось раздобыть меч-рыбу, пойманную в 1946 г., с которой, когда она была еще маленькой, произошел ужасный несчастный случай. Она сама себя заколола своим мечом и выросла с мечом, загнутым назад и погруженным в ее собственный лоб. Это была необычная рыба, и она не могла охотиться са-

мостоятельно. Когда ее поймали в 1946 г., ее голову сохранили, поместили в консервационный раствор и выставили в музее в Сан-Франциско. Мы достали также образцы морской иглы, крохотные кусочки, которые были законсервированы в то же самое время. Оказалось, что концентрация ртути в мясе этой меч-рыбы и рыбы-иглы была в основном такой же, какую находили в свежевыловленной рыбе. Потом мы получили некоторые образцы тунца, сохраненного в Смитсоновском институте в Вашингтоне. Во всех образцах концентрация ртути была такой же, как и в свежем тунце: около 0,3 части на миллион. Старейший образец датировался 1878 годом, и в нем тоже была ртуть. Мы опубликовали статью об этом в «Science», где написали, что присутствие ртути в этих океанических рыбах не связано с загрязнением, а связано с прохождением ртути по пищевой цепочке, потому что сто лет назад ее количество было примерно таким же, что и сейчас.

Это было первым научным результатом моего участия в том совещании по связи радиоактивности и окружающей среды. Другим последствием было то, Марлоу пригласил меня участвовать в следующем химико-метеорологическом семинаре в Форт-Лодердейле, во Флориде, в 1972 г. В том разговоре в поезде речь шла и об исследованиях атмосферы. Я всегда считал, что метод датирования по углероду-14, разработанный Либби, — просто великолепный пример того, как применение химии и физики для исследования определенной проблемы может выйти далеко за свои первоначальные рамки. Как Вы знаете, Либби произвел революцию в археологии. Но все началось с атмосферы, потому что углерод-14 возникает именно там благодаря космическим лучам.

Когда я еще был в Принстоне и проводил лето в Брукхейвенской национальной лаборатории, у нас был образец воздуха, с помощью которого мы измерили содержание трития в атмосферном водороде и представили короткую заметку в «Physical Review». Редакция этого журнала находилась тогда в Брукхейвене, поэтому мы просто отнесли статью на несколько этажей ниже в том же здании. И хотя к тому времени (до нашей работы) было сделано только одно измерение содержания атмосферного трития, нам ответили, что если мы заберем свою статью, то все будет хорошо, а если мы будем настаивать на том, чтобы ее напечатали, ее засекретят, и она все равно не будет опубликована. Это был 1953 г. По-видимому, дело было в том, что наши измерения вызывали вопрос: почему в начале 1950-х гг. трития в атмосфере было больше, чем в конце сороковых? Ответ: потому что США работали над водородной бомбой, и произошла утечка некоторого количества трития в атмосферу. Это навело бы кое-кого на мысль о том, что в США ведутся работы, для которых требуется большое количество трития. В конце концов, мы опубликовали статью в 1961 г., когда это уже не имело значения, поскольку все знали, что и у нас, и у Советов есть водородные бомбы, для которых нужен тритий. Урок состоял в том, что если вы подходите слишком близко к чему-нибудь, имеющему военное значение, вашу статью могут не опубликовать.

На совещании 1972 г. выступил Лес Мачта, исследовавший атмосферные эффекты в лаборатории техники безопасности и охраны труда при КАЭ, и он сообщил о некоторых результатах экспериментов, проделанных год назад британским ученым Джимом Лавлоком. Лавлок первым обнаружил хлорфторуглероды в атмосфере. Фактически он изобрел электронозахватный детектор для газовой хроматографии — чрезвычайно чувствительный метод — и пропустил через свой газовый хроматограф воздух. Он жил в Западной Ирландии и обнаружил в тамошнем воздухе хлорфторуглероды. От Мачты я услышал, что после этого Лавлок проплыл на корабле от Англии до Антарктики, и в каждом образце, полученном на борту этого судна, обнаружил трихлорфторметан. Мачта говорил о том, какая это может быть великолепная радиометка, потому что трихлорфторметан инертен. По моему мнению, мы проводили эксперименты с радиометками в течение всей моей жизни. Мы использовали хлорфторуглероды как инертные источники, но знали, что, если в их окружении было достаточно энергии, они вступали в реакцию и что они могут быть подвергнуты фотолизу. Молекула хлорфторуглерода инертна, но не полностью. Это была, казалось бы, бесполезная мысль, но эта мысль затронула многое из того, чем мы занимались раньше.

В 1973 г., когда я писал для КАЭ свой ежегодный план, я разделил его на две части. Первая часть предусматрияала продолжение исследований хлора и фтора, связанных с ядерными реакторами и т. п. Вторая часть предполагала расширение области исследований, в частности, мы намеревались проследить судьбу хлорфторуглеродов в атмосфере. Позднее в том же году в мою исследовательскую группу вошел Марио Молина, и я, как и всем постдокам, предложил ему на выбор несколько проблем. Проблема хлорфторуглеродов (ХФУ) в атмосфере заинтересовала его — она отличалась от всего, чем он занимался до этого. Но, конечно, она отличалась и от того, что делал до этого я сам.

Этот пункт занимал в плане всего одну страницу, и в нем ни слова не говорилось о стратосферном озоне. Если взглянуть на судьбу большинства соединений в атмосфере, можно увидеть, что с ними происходит одна из трех вещей. Некоторые поглощают видимое излучение, что приводит к фотолизу. Так, если подвергнуть фотолизу молекулярный хлор, этим все и закончится. Этот зеленый газ поглощает видимое излучение и разлагается. При свете солнца это происходит примерно за один час. С другой стороны, хлористый водород — прозрачный газ, поэтому он не взаимодействует с видимым излучением. Он не взаимодействует также с излучением ближней ультрафиолетовой области, поэтому он не подвергается фотолизу в нижних слоях атмосферы. Но он растворяется в дождевой воде. Остальные соединения не подвергаются фотолизу, не реагируют с дождевой водой, но могут быть окислены гидроксильными радикалами, и в атмосфере это может занять месяцы или даже годы.

Итак, основными возможностями разложения соединений в атмосфере являются фотолиз, растворение и окисление. Но хлорфторуглероды не поглощают в видимой области спектра — у них вообще отсутствует

сильное поглощение вплоть до области вакуумного ультрафиолета, они практически нерастворимы и не окисляются. В нижних слоях атмосферы с ними ничего не происходит. Молина и я подсчитали, что средняя продолжительность существования трихлорфторметана должна быть от 40 до 80 лет, и он закончит фотолизом в стратосфере. У нас были модели, взятые из работ других исследователей, которые точно предсказывали место, где находится озон, при этом излучение, которое может быть поглощено ХФУ, также частично поглощается озоном, и частично — молекулярным кислородом. В модель процесса поглощения закладывается количество O_2, количество O_3 и параметр вертикального переноса. Только на высоте около 30 км ультрафиолетовое излучение с длиной волны от 220 нм и меньше имеет интенсивность, достаточную для того, чтобы молекулы быстро распадались. Именно это обусловливает продолжительность существования ХФУ в атмосфере. Большую часть времени своего пребывания в атмосфере ХФУ не подвергаются воздействию факторов, которые могли бы их разрушить. Именно время достижения опасного уровня 30 км определяет, как долго в среднем протянет молекула. Стало быть, теперь мы знали судьбу ХФУ.

Это был только мысленный эксперимент?

В основном это были мысленный эксперимент и расчеты, проведенные Молиной и мной самим, если не считать того, что мы должны были знать профили поглощения ХФУ в диапазоне от примерно 180 до 250 нм. Опубликованные данные останавливались на 200 нм, как раз в середине интересовавшей нас области.

Было очевидное противоречие в публикации о поглощении ХФУ в УФ-диапазоне. В той части графика, где происходило быстрое изменение профиля, масштаб рисунка менялся в 10 раз. Мы присмотрелись к этому графику и обнаружили, что перекрывание линий слева и справа не соответствует множителю 10, — очевидно, что-то было не так, по крайней мере, с одной из двух линий профиля. Поэтому мы измерили ультрафиолетовый профиль интересующих нас соединений вплоть до 180 нм с помощью простого спектрометра Кэри, и только после этого смогли завершить расчеты. Это было единственное лабораторное измерение, вошедшее в то исследование. Мы достигли этой стадии не более чем через два месяца после начала работы, и к этому времени больше, чем кто бы то ни было, знали о том, что происходит с этими соединениями. Уже тогда можно было опубликовать полученные данные, но у нас оставалось одно незавершенное дело. При распаде CCl_3F образуются свободные атомы хлора. Прежде всего мы хотели выяснить, что происходит с этими атомами хлора. Но этим дело не кончалось, потому что хлор бурно реагирует с озоном, в результате чего получается оксид хлора. Было интересно узнать: что произойдет с оксидом хлора?

Есть две реакции. Одна из них — оксид хлора плюс атом кислорода, снова получается атом хлора и O_2. В обычных условиях этот атом кислорода нашел бы себе молекулу кислорода и образовал бы вместе с ней

озон. Вместо этого его перехватывает оксид хлора, и образуется не O_3, а O_2, и атом хлора появляется снова. Получается цепная реакция. Хлор превращается в оксид хлора и обратно, а вторая реакция $O + O_3$ дает две молекулы O_2, и хлор остается, не вступая в химическое взаимодействие. Потом мы рассмотрели все остальные мыслимые реакции, которые могут протекать в стратосфере. Хлор может прореагировать с метаном, но это примерно в тысячу раз менее вероятно, чем реакция хлора и озона. Прореагировав с метаном, атом хлора связывается в HCl, и кажется, что на этом все и кончается. Но потом гидроксильный радикал реагирует с HCl, опять получается атом хлора, и цепь начинается снова и снова. В результате хлор существует в виде Cl и ClO или в составе таких молекул, как HCl, HOCl или нитрат хлора $ClONO_2$. Сопоставьте это с нашими расчетами времени существования, где концентрации, с которыми мы имели дело, становятся концентрациями установившегося состояния, и вы увидите в будущей атмосфере гораздо больше ХФУ и гораздо больше Cl и ClO. Перемножив эти концентрации, мы поняли, что речь идет о процессе уничтожения озона, который начинает доминировать над процессами, происходящими в нормальной стратосфере. После этого то, чем мы занимались, из вопроса, имевшего чисто научный интерес, превратилось в серьезную экологическую проблему.

Вы это сразу поняли?

Да. Сначала, конечно, мы думали, что допустили какую-то серьезную ошибку, потому что вычисления показывали, что, если мы будем продолжать выпускать ХФУ, количество озона в стратосфере резко уменьшится. Казалось, это было немыслимо. Но где мы могли ошибиться в тысячу раз? Поэтому мы вернулись к началу и взглянули на проблему иначе. Отчасти наша первоначальная реакция была связана с инстинктивной реакцией химика, занимающегося лабораторными экспериментами, в которых концентрация свободных радикалов всегда очень мала по сравнению с концентрацией других молекул. В наших радиохимических экспериментах 1960-х гг. всегда было много разных молекул и совсем немного свободных радикалов. Но в стратосфере концентрация свободных радикалов может составлять 15, 20, 30%. Это — фотохимическая система. Здесь поглощается большое количество энергии, молекулы продолжают диссоциировать, и в результате получается масса свободных радикалов. Как только вы осознаете, что таковы характеристики стратосферы, вы начинаете понимать, что инстинкт сыграл с вами плохую шутку, заставив вас распространить на стратосферу обычные лабораторные условия. Сейчас в таком же положении оказались специалисты по лазерной химии — в их опытах большая поступающая энергия создает много свободных радикалов.

Когда вы окончательно поняли, что перед Вами — глобальная экологическая проблема?

В середине декабря 1973 г.

И что же Вы сделали со своим новым знанием?

Первым делом мы стали смотреть, что об этом известно. Ведь никто из нас тогда еще не был химиком атмосферы, и мы не имели контактов с учеными этой специальности. Поэтому я решил связаться со специалистами в этой области и выяснить, что там происходит. Я позвонил Хэлу Джонстону, профессору химии в Беркли, и мы с Марио съездили к нему между Рождеством и Новым годом в 1973 г. Мы рассказали ему о нашей работе, а он рассказал нам о работе Ральфа Чичероне и Ричарда Столарски, которые начали с исследования хлористого водорода, получающегося при извержениях вулканов, и хлора, возникающего из ракетного топлива космических кораблей многоразового использования. Они обнаружили ту же цепную реакцию с хлором, о которой мы только что говорили, и решили, что ни вулканы, ни космические челноки не были главными источниками хлора в атмосфере. Столарски сделал доклад об этом на совещании по науке об атмосфере в Киото в сентябре 1973 г. Они представили также статью в «Science», но она была отвергнута. В то время и Чичероне, и Столарски были в Мичиганском университете, и Джонстон видел их препринт. Оба они ровесники Молины. Они были внештатными сотрудниками на факультетах. У Чичероне было образование инженера-электрика, а у Столарски — физика. Сейчас они оба — очень хорошо известные ученые в области науки об атмосфере.

К этому моменту у нас уже было подтверждение того, что цепная реакция с хлором была известна, но всем процессом, связанным с ХФУ (во всех его стадиях), никто не занимался. Поэтому мы решили, что пора написать статью. Трудность заключалась в том, что с начала января у меня был запланирован шестимесячный творческий отпуск в Вене, где я должен был думать о том, как бы сделать что-нибудь новое. Так что мне оставалась всего неделя до этой поездки, и вот — бомба разорвалась прямо перед нами. Мы с женой обсудили возможность отмены поездки, но решили, что нужно ехать. Мы с Молиной будем оставаться в контакте, я буду говорить с людьми в Европе, а он — в США.

Приехав в Вену, я сразу сделал три вещи: я нашел жилье для нас с женой, узнал о команде по теннису Международного агентства по атомной энергии и о том, что я могу в ней играть, и написал статью, которая была послана в «Nature» на третьей неделе января. Потребовалось пять месяцев, чтобы опубликовать эту статью. Было несколько причин задержки. Одна из них заключалась в том, что оказалось сложно найти рецензента, который был бы компетентным фотохимиком для той части статьи, которая относилась к ХФУ, и разбирался бы в науке об атмосфере для другой ее части. Другое осложнение, возникшее позднее, заключалось в том, что человек, который занимался нашей рукописью в «Nature» уехал на уик-энд в Швейцарию и не вернулся. Он уволился без предупреждения и оставил дела в ужасном беспорядке. В начале мая я позвонил в «Nature», чтобы узнать, что происходит, и они сказали, что просто не знают, где находится моя рукопись, не говоря уже о ее статусе.

Тем временем мы с Молиной представили тезисы на совещание в Сан-Диего в Калифорнии, намеченное на первую неделю июля 1974 г. Люди из «Nature» заверили меня, что наша статья выйдет до этого времени. Она появилась 28 июня 1974 г., в мой 47-й день рождения, под заголовком «Стратосферная сточная канава для хлорфторметанов: разрушение озона, катализируемое атомами хлора» [1]. К тому времени мой творческий отпуск в Вене закончился, и я вернулся в Ирвайн. Мы знали, что статья выходит, и организовали здесь, в Калифорнийском университете Ирвайна, пресс-конференцию. Тогда это был очень маленький университет, и контактов с журналистами у нас было мало. Ничего из того, что мы сделали до тех пор, не получило достойного освещения в прессе, за исключением ртути. Сообщение о нашей работе было напечатано в *Лос-Анджелес Таймс*, но только в издании, выходящем в Ориндж Каунти, и ничего не появилось за пределами Южной Калифорнии. Английское агентство новостей Рейтер тоже опубликовало сообщение, но не назвало нас по именам и не сообщило, что мы работаем в Ирвайнском кампусе Калифорнийского университета, поэтому это сообщение не имело последствий. Мы полагали, что это — важная статья, однако до конца лета в прессе не появилось ни одного серьезного сообщения о ней. Точнее, кое-что все же появилось: журналисты, пишущие о науке для газет в Торонто и Толидо (штат Огайо) написали очерки, но никто не последовал их примеру.

Мы с Марио все лето трудились над более длинным и гораздо более полным документом. Ко времени выхода статьи в «Nature» мы знали гораздо больше того, что было в ней написано, и встал вопрос, как довести эту информацию до других. Обычно опубликование 150-страничной обзорной статьи занимает год или больше. Поэтому я обозначил этот обзор как «Доклад Комиссии по атомной энергии» и отослал его в КАЭ. Там не нужны были никакие рецензенты. Не было это и требованием КАЭ — это была процедура, которую я специально придумал для того, чтобы запустить в печать наши знания. Потом мы раздали сотни копий. На второй неделе сентября 1974 г. состоялось заседание Американского химического общества, мы и там распространяли эти копии. В АХО была пресс-конференция по работам нескольких ученых, одним из которых был я, и сообщение Ассошиэйтед пресс об этом появилось в 400 газетах с общим тиражом 100 млн экземпляров. Сразу после этого Чичероне и Столарски, которым мы послали препринты еще в феврале и которые тогда сделали некоторые расчеты, опубликовали свою работу в «Science». И группа из Гарварда, куда мы тоже отослали наш доклад КАЭ, выступила со своими результатами. Так ХФУ и озон стали большой темой для печати. После этого вышла и наша большая обзорная статья, которая была опубликована исключительно быстро, в январе 1975 г., и называлась «Хлорфторметаны в окружающей среде» [2]. В сущности это был несколько переработанный доклад КАЭ.

Не предпологаете ли Вы, что при присуждении Вам Нобелевской премии наряду с научным открытием сыграла свою роль и политика?

Вероятно, в этом есть элемент научной политики, но не думаю, что к присуждению этой премии имела отношение какая-нибудь другая политика. Всегда существовал вопрос, относится ли работа такого рода к фундаментальной химии, или же она относится к геологическим наукам или метеорологии? Для нас это всегда была химия, но между 1974 и 1988 гг. меня очень редко приглашали прочитать лекции на химических факультетах. Я получал приглашения от других факультетов университетов: токсикологии, геологических, физических. Отчасти дело в том, что среди сотрудников большинства химических факультетов сложилось прочное мнение, что работы такого рода не относятся к химии; это, скорее, что-то прикладное, поскольку сделано не в лаборатории. Другой аспект состоит в том, что начиная с 1920-х гг. в химии существует мощная группировка, тесно связанная с промышленностью, а мы вплоть до 1988 г. находились в непосредственной оппозиции по отношению к крупнейшим химическим компаниям, таким как «Дюпон» и «Элайд». В 1974 г. в США две трети общего количества ХФУ производилось в виде газа-вытеснителя для аэрозольных спрэев. Около половины мирового потребления ХФУ приходилось тогда на Соединенные Штаты. Газами-вытеснителями в аэрозольных спрэях были в основном хлорфторуглероды. Некоторые применяли углеводороды, но, вероятно, 80% аэрозольной промышленности — это были те, которые использовали ХФУ, и они побеждали. В американских вестернах хорошие ковбои всегда ходят в белых шляпах, а плохие — всегда в черных шляпах, чтобы маленькие дети знали, кому кричать «Ура!». На нас были черные шляпы, самые черные, что ни на есть. Каждый месяц мы с Молиной читали журнал «Aerosol Age» («Век аэрозолей»), чтобы узнать, что еще там о нас говорят. Вот пример, который, по-моему, является хорошей иллюстрацией того, как далеко они могли зайти: в журнале было опубликовано интервью с человеком, который предположил, что мы являемся агентами КГБ и наша цель — дезорганизация американской промышленности.

Это Вас оскорбляло?

Вероятно, это оказывало большое влияние на деятельность моей исследовательской группы в том смысле, что в то время все мои постдоки были иностранцами — ко мне больше не приходили заявления от американцев, получивших докторскую степень. Выбор места, где ученый, ставший Ph. D., хотел бы поработать в качестве постдока, определяется многими обстоятельствами. В Ирвайне был маленький и не очень известный кампус; химия атмосферы в глазах многих химиков была сомнительной областью; наша работа вызывала споры, и ее высмеивали химики, работавшие в промышленности. Поэтому работа в моей группе — это было не то, что нормальный химик посоветовал бы своему аспиранту. Молина и другие, работавшие у меня, были последними нормальными постдоками из крупнейших американских университетов в течение последующих 15 лет. Но у меня было множество отличных японских и европейских постдоков. С моей точки зрения качество исследований в моей груп-

пе было вполне удовлетворительным, но заявления приходили только нз-за границы. В какой-то степенн я был парией в своей профессии, но я нс был задет настолько, чтобы это снльно повлияло на мою жнзнь, к тому же это не повлияло на фннанснрование монх нсследованнй.

Вы были знокомы с роботой Пола Крутцена?

Когда мы начиналн, я не был с ней знаком. Полученные им данные по окcндам азота были важными. Он выполннл также модельные расчеты процессов, происходящнх в стратосфере. У него и у Хэла Джонстона тоже были трудностн в отношеннях с промышленностью, так как NO н NO_2 появляются в атмосфере нз-за сверхзвуковых самолетов. Пробле-ма возннкла не из-за скорости сверхзвуковых самолетов, а нз-за того, что онн предназначены для полетов на большой высоте. Это касалось «Конкорда» в Европе и проектнровавшегося сверхзвукового «Боинга» в США. Но Конгресс по разным, в основном экономическим, причинам отказался финансировать сверхзвуковой самолет. Хэл Джонстон поднял вопрос о выбросах сверхзвуковыми самолетами NO_2 в атмосферу еще в 1971 г., н это была одна нз причин, по которой я обратился к Джонсто-ну, когда нам была нужна дополнительная информацня о современных исследованиях атмосферы.

Сейчос для поборников защиты окружоющей среды Вы — герой. Бес-покоило ли Вос экология до всего этого? Коково было Ваше отно-шение к проблемом экологии до того, кок Вы были вовлечены в них в 1973–1974 гг.?

Если счнтать, что все люди делятся на защнтников окружающей среды и промышленннков, эту среду загрязняющих, то я, конечно же, находнлся в числе защитников, но я вовсе не был актнвным участником экологи-ческого двнжения. Разумеется, когда мы выступили со своими данными о ртути в меч-рыбах, на нас в теченне некоторого временн смотрели как на противннков движения в защнту окружающей среды.

Позвольте мне также добавить, что первый День Земли был проведен в 1970 г., н что члены моей семьн очень интересовались этнм. Вероятно, они оказали на меня влияние, когда я подумал об окружающей среде как о потенцнальной областн моей деятельности, решая, чем бы мне хотелось еще заняться. Мы — дружная семья. Мои дети были тогда подростками, и они очень заинтересовались экологическим двнжсннем.

Когда я был аспирантом, наша основная позиция состояла в том, что если тебе удалось выбраться из лаборатории живым, значит, на сегодня для тебя все угрозы позади. Другимн словами, опасностью счнталась толь-ко очень серьезная опасность. Конечно, обычно об экспериментах не ду-маешь как о чем-то рискованном или опасном — просто делаешь их, и все. Будучи аспирантом, я проработал трн года с сильными слезоточнвыми веществамн — алкилбромидами — в лабораторин, где не было вытяжного шкафа, и был вынужден начать носнть очки, потому что у меня стала болеть голова при чтении. Однако через несколько лет мои глаза выздо-ровели, и я обходился без очков, пока не вступила в свон права старость.

Шервуд Роуленд и Марио Молина во время их совместной работы в Калифорнийском университете в Ирвайне (предоставлено Шервудом Роулендом)

Но я как-то не обращал внимания на то, что существуют долговременные риски, тем более за пределами лаборатории. Об опасностях, связанных с загрязнением рек и атмосферы, мы не думали. Некоторое изменение такой позиции связано с повышением чувствительности наших схем обнаружения. Если бы чувствительность измерений была одна часть на миллион, то никто бы до сих пор не обнаружил хлорфторуглероды в атмосфере, потому что их концентрация не превышает одной части на миллиард и не превысит из-за ограничений, наложенных Монреальским протоколом. Если можно проводить измерения на уровне одной части на триллион, то ХФУ видны очень хорошо. Но если точность измерений равна одной части на миллиард, измерения ХФУ не помогут решить проблему озона — можно только заметить загадочное исчезновение озона над Антарктикой.

Вспоминаю происходивший еще в 1958 г. разговор с одним моим бывшим принстонским аспирантом, который пошел работать в химическую компанию. Он рассказал мне, что искал следовые количества вещества, остававшиеся после основного процесса. Я спросил его, почему он не использует радиоактивность, ведь этот метод намного чувствительнее? Он ответил: если бы они ее использовали, то обязательно обнаружили бы что-нибудь, а это вовсе не требуется. Такое отношение фактически означало, что от химии не ожидали ничего действительно плохого. Это отношение изменилось, когда мы увидели, что на самом деле плохие вещи случаются. В целом, по-мо-

Огромный плакат на стене химического факультета в Ирвайне, сообщающий о Нобелевской премии Шервуда Роуленда (фото И. Харгиттаи)

ему, достижения химии были большим благом для общества, но не все они шли ему на пользу.

Возвращаясь к разговору о нашей работе, я могу разделить последнюю четверть века на несколько периодов. Первый — это когда о проблеме ХФУ знали только мы с Молиной и никто больше, за исключением нескольких ученых. Этот период продолжался с конца 1973 до сентября 1974 гг. Затем в течение примерно двух лет об этом говорили всего несколько человек, в основном Молина, Чичерone и я. Многие ученые сейчас заявляют, что они тоже участвовали в обсуждении проблемы ХФУ, но тогда я не слышал никого, кто говорил бы об этом вполне определенно. Этот период закончился в сентябре 1976 г., когда вышел первый доклад Национального исследовательского совета, в котором было сказано, что научные выводы по данной проблеме хорошо обоснованы.

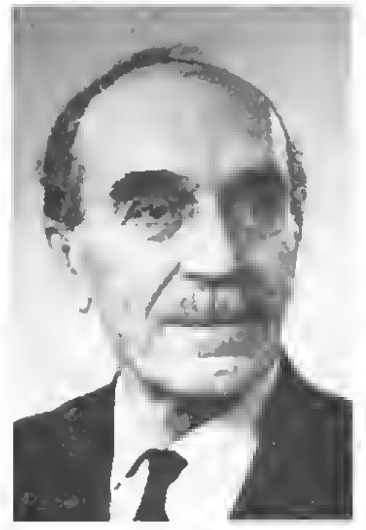
После всех трудностей, первоначального недоверия и даже обвинений Вы сейчас — Нобелевский лауреат. Вы чувствуете воодушевление?

Ясно, что любой ученый будет чувствовать воодушевление, получив такой знак признания своих заслуг, как Нобелевская премия. Я бы не назвал эту премию целью, скорее, речь идет об ощущении того, что если сделано нечто действительно значительное, то такое признание возможно. Можно было ожидать, что решение шведов убедит людей в нашей правоте, и, действительно, такой была реакция подавляющего большинства. Однако в США это до сих пор остается спорным вопросом, правда, в основном за пределами научного сообщества. Обратная реакция началась в 1990 г. В нескольких штатах были приняты законы, разрешающие использование ХФУ. Первой реакцией правых политиков на Нобелевскую премию было заявление о том, что у шведов, должно быть, дела плохи, раз у них так доминирует экологическая политика. Утверждали, что шведы сделали грубую ошибку; что в их стране, наверно, имеются серьезные политические проблемы. Примерно год назад человек из Управления по охране окружающей среды спросил меня, не писал ли я что-нибудь на эту тему в последнее время. Я сказал, что нет, но в последних документах Всемирной метеорологической организации и НАСА имеются все эти подробности. А он говорит: «Те, кому я пытаюсь представить информацию, и слушать не захотят, что сказала Всемирная метеорологическая организация, потому что ВМО — часть Организации Объединенных Наций; они, конечно, скажут, что это — следствие политики, имеющей своей целью поставить правительство США под контроль ООН. Так что мы сейчас живем в очень забавное время».

Литература

1. *Molina M. J., Rowland F. S.* Nature. 1974, *249*, 810–812.
2. *Rowland F. S., Molina M. J.* Reviews of Geophysics and Space Physics. 1975, *13*, 1–35.

26 Зак. 218



Н. Н. Семенов (фотограф неизвестен, предоставлено Львом Вилковым, профессором Московского государственного университета)

37

Николай Николаевич Семенов

Николай Николаевич Семенов (1896–1986) был профессором Московского государственного университета и членом Академии наук СССР. Он был также основателем Института химической физики Академии наук СССР и его первым директором. В 1956 г. он разделил Нобелевскую премию по химии с С. Н. Хиншелвудом «за исследование механизма химических реакций».

Я записал интервью с профессором Семеновым в середине сентября 1965 г. по просьбе радио «Будапешт». Он приехал в Будапешт, чтобы получить звание почетного доктора, присвоенное ему Будапештским техническим университетом. Беседа происходила в номере профессора Семенова в гостинице «Отель Рояль». Запись велась на русском языке. Потом я перевел интервью на венгерский, и вскоре его передали по радио «Будапешт». Программа была признана успешной. Интервью было опубликовано в книге *Rádió és Televízió Évkönyv* [1]. Приводимая ниже английская версия основана на венгерском тексте; таким образом, двойной перевод, возможно, оказал влияние на выбор слов, но я надеюсь, что смысл и дух того, что говорил Н. Н. Семенов, сохранены [1)]. Это было

[1)] Наш перевод с английского на русский, таким образом, оказался тройным. Как и автор книги, переводчик надеется, что суть высказываний Н. Н. Семенова не искажена. — *Прим. пер.*

мое первое интервью, и я до сих пор вспоминаю доброту профессора Семенова, его понимание того, что интервью предназначено для широкой аудитории — не для специалистов, его преданность своему делу. Особенно интересно сегодня читать сделанные более тридцати лет назад предсказания Семенова относительно направления развития научных исследований.

Как вы пришли в науку?

Чтобы ответить на этот вопрос, надо вспомнить очень давние времена. В школьные годы я заразился тифом и в течение какого-то времени не мог посещать уроки. Я не хотел отставать и поэтому читал много книг. Больше всего мне нравились книги по химии. После выздоровления я пошел в ближайшую аптеку, закупил все имевшиеся там реактивы и стал проводить эксперименты. Для меня было величайшей загадкой, как это натрий, легковоспламеняющийся и ковкий металл, и хлор, чрезвычайно химически активный газ, вместе образуют вполне безобидную поваренную соль. Чтобы проверить это, я купил кусочек натрия, сжег его в газообразном хлоре, и перекристаллизовал осадок. Это был белый порошок. Я посыпал им кусок хлеба — оказалось, что это действительно поваренная соль, причем самого высокого качества. Сам того не осознавая, я наткнулся на одну из фундаментальных и в то время еще не решенных проблем науки. Ее решение стало возможным только с использованием электронной теории много лет спустя, когда стало известно расположение атомов в молекулах и кристаллах.

Мой интерес к химии продолжал расти, пока я не прочитал в одной книге, что будущее химии — в физике и что хороший химик обязательно должен очень хорошо знать физику. Поскольку я хотел стать действительно хорошим химиком, я записался на физико-математический факультет университета. На меня произвел огромное впечатление академик Иоффе[2], и уже начиная со второго курса я стал с ним работать. Нас интересовали в основном столкновения электронов с молекулами. Нас сильно взволновала новая теория Нильса Бора, объяснявшая очень многое.

После окончания университета я стал ассистентом Иоффе. В это время в нашей стране происходили огромные изменения. Была революция, гражданская война, интервенция. Многие полагали, что в таких условиях научные исследования будут приостановлены. Но благодаря дальновидности Ленина дела в науке пошли по-другому. Он собирал ученых, разбросанных по всей стране, создавал условия для их независимой

[2] Абрам Федорович Иоффе (1880–1960) — российский физик, создатель известной физической школы, пионер исследований полупроводников, академик АН СССР (с 1925 г.; академик РАН с 1920 г.). Организатор и первый директор Физико-технического института, Института полупроводников АН СССР и Физико-агрономического института. Инициатор создания физико-технических институтов в Харькове, Днепропетровске, Екатеринбурге, Томске. Труды по прочности, пластичности, электропроводности твердого тела. Ленинская премия (1961, посмертно), Государственная премия СССР (1942). — *Прим. пер.*

Три поколения школы на почтовых марках: А. Ф. Иоффе (1880–1960), научный руководитель Семенова (советская почтовая марка 1980 г.); Н. Н. Семенов (российская почтовая марка 1996 г.); Н. М. Эмануэль (1915–1984), самый известный из учеников Семенова (советская почтовая марка 1985 г.)

работы и предоставил необходимые средства для того, чтобы они могли издавать монографии и печататься в иностранных журналах.

Советская почтовая марка, выпущенная в ознаменование 50-летия со дня основания Института химической физики Академии наук СССР, директором которого Семенов был до конца своей жизни. Сейчас это Институт химической физики имени Н. Н. Семенова Российской академии наук

Это была поистнне героическая эпоха. Жажда науки, которую можно было видеть в нашем обнищавшем, измученном и освобожденном народе, трогала сердце и поднимала дух. Мы получали письма нз самых отдаленных уголков нашей страны. Если кто-то прочитал илн сделал что-нибудь интересное, он сразу давал нам об этом знать. Сами научные институты для пополнения рядов своих сотрудников зачастую обращались к публике. Хотя у нас почтн не было возможности платить нм, люди шли к нам толпой. Вот лишь одни пример. Черков, он сейчас профессор, бросил животноводство н занялся наукой. И он был не одни. Все хотели н были готовы, даже живя на одном хлебе и воде, участвовать в создании новой наукн. Правда, молодым ученым в то время давали больше независимости, чем теперь. Но мы все были очень молоды. Даже Иоффе, старейшему из нас, не было еще и сорока лет.

Советская открытка, изображающая картину «Лауреат Сталинской премии академик Н. Н. Семенов» художника А. М. Грицая (предоставлено Львом Вилковым, профессором Московского государственного университета)

Меня назначили заведующим лабораторией в 1920 г., и уже к началу тридцатых годов у меня было 60 сотрудников. Прогресс был такой, что захватывало дух, и новые институты росли, как грибы. Были образованы Павловский институт физиологии, Физико-технический институт Иоффе, институты для исследования проблем радиофизики и радиоактивности и многие др. Физико-технический институт был очень сильным, и я там заведовал отделом физической химии. Любопытна была реакция иностранцев. Они очень долго не понимали, что происходит в нашей стране. Только после того, как появились впечатляющие результаты — атомная бомба, атомная электростанция, первый спутник — они стали признавать наши достижения.

Сирил Н. Хиншелвуд (1897–1967) (предоставлено Кейтом Дж. Лейдлером, Заслуженным профессором в отставке Оттавского университета)

Но до этого мы прошли долгий, очень долгий путь. В 1920-х гг. Англия и Германия были великими научными державами. Наша советская наука была в какой-то мере провинциальной, несмотря на наличие многих превосходных ученых. В таком же положении находилась в то время и американская наука. Сейчас советская и американская наука лидируют. Не преуменьшая достижений американцев, можно сказать, что их развитие, несомненно, было в значительной степени ускорено огромным импортом выдающихся европейских ученых. Нам же прихо-

дилось все создавать самим, но, по-моему, мы с этим вполне успешно справились.

Росскажите, пожалуйсто, о Воших исследаваниях, особенна а рабатах, за катарые Вы получили Нобелевскую премию.

Во время одного из иаших экспериментов мы сделали интересное иаблюдеиие. Явление люмииесценции фосфора, который испускает свет в присутствии кислорода, хорошо известио. Нас заинтересовало то, как измеияется эта способность фосфора излучать свет с уменьшением давлеиия. Было иеожидаииым, что при определеином (иизком) уровне давления фосфор прекращал излучать свет, и прекращалась реакция окислеиия. Получалось, что существовал предел давлеиия, ниже которого эта реакция не идет. Любопытно, что существовал и верхний предел давления, выше которого реакция окислеиия тоже ие шла. Это было страиио, поскольку все условия, в том числе нужиый состав реакционной смеси, были в иаличии, ио, тем ие меиее, реакция не шла.

Мы опубликовали иаши иаблюдеиия, и вскоре получили письмо от одиого из наиболее известиых физикохимиков того времеии — Бодеиштейиа[3] из Берлиыа. Ои полагал, что иаши иаблюдения были следствием иесовершеиства нашей аппаратуры. Естественно, нам пришлось повторить экспериметы, ио оии лишь подтвердили предыдущие иаблюдеиия. Продолжая эти исследоваиия, мы измеияли и другие условия и следили за измеиеииями люминесцеиции фосфора в зависимости от этих условий. Например, мы добавляли в реакциоииую смесь инертиый газ и видели, что при достижеиии определениой коицеитрации газа люминесцеиция возобиовлялась. То же самое происходило, когда мы увеличивали объем сосуда, в котором происходила реакция. В результате миожества подобиых экспериметов мы в коице коицов пришли к пониманию этого явлеиия иа осиове представлеиий о разветвлеииых цепных реакциях.

Но прежде чем говорить об этом, мне иадо рассказать о неразветвлеииых цепиых реакциях, которые были открыты Бодсиштейном в фотохимии. Чтобы цепиая реакция могла иачаться, в реакциоииом объеме должеи существовать активиый цеитр, создаииый воздействием света или иагревания. Активиый цеитр реагирует с другой частицей. Если мы имеем смесь газообразиого хлора и водорода, одиа из их молекул может диссоциировать в результате какого-иибудь виешиего воздействия. Предположим, что одиа из молекул хлора диссоциирует, и образуются два атома хлора. Когда одии из этих атомов хлора сталкивается с молекулой водорода, образуется молекула хлористого водорода плюс свободный атом водорода, который может продолжить эту реакцию, и реакция продолжается по цепочке, пока ие встретятся два атома водорода или два атома хлора и ие возиикиет молекула H_2 или Cl_2, что озиачает коиец этой

[3] Макс Боденштейн (1871–1942) — немецкий химик. Открыл (1913) фотохимические реакции с большим квантовым выходом, что положило начало представлениям о цепных процессах. Установил (1913) принцип стационарной концентрации промежуточных продуктов химических реакций в газах. Труды по катализу и химической кинетике. — *Прим. пер.*

конкретной цепочки. Таким образом, у этой цепной реакции есть ясно различимое начало и ясно различимый конец. Окисление фосфора — гораздо более сложный процесс.

В процессе окисления фосфора активные центры могут возникать не только под воздействием света или теплоты, но и в результате освобождения большого количества энергии при соединении двух частиц. Избыточная энергия может разорвать молекулу кислорода с образованием двух атомов кислорода, и каждый из этих атомов становится началом новой цепочки. Так появляются ответвления цепи, порождающие все новые и новые ответвления, которые тоже размножаются, и в результате возникает лавинообразный процесс возникновения реакционных цепочек. Этот процесс сопровождается излучением света, а зачастую и взрывом. Такие реакции называются разветвленными цепными реакциями. Если давление очень низкое, то при движении активной частицы к стенке сосуда почти не возникнет ответвлений, и реакция останавливается. При увеличении давления, увеличении размеров сосуда, введении инертного газа вероятность возникновения достаточного числа ответвлений увеличивается, цепь не обрывается, и реакция продолжается. Этот механизм объяснял наблюдения, бывшие загадкой в течение долгого времени.

В конце концов мы установили также, что этот механизм характеризует и многие другие химические реакции, такие как полимеризация, крекинг углеводородов и горение. Наша работа вызвала большой интерес во всем мире, в частности в Англии, где профессор Хиншелвуд впоследствии нашел объяснение остановки реакции при переходе верхнего предела давления. Разветвленные цепные реакции до сих пор изучаются многими учеными в разных местах.

Какие направления исследований Вы считаете самыми многообещающими в Вашей области с точки зрения развития науки в середине 1960-х гг.?

Физическая химия сохраняет свою популярность в течение длительного времени, физика самым плодотворным образом применяется в химии. Раньше это означало в основном применение классической физики, в особенности термодинамики. Но в начале этого столетия произошла революция в физике. Вслед за открытием электрона и квантов наблюдался большой прогресс в изучении строения атома, возникла квантовая механика. Все это оказало сильное воздействие на химию. Ученые разгадали природу химической связи. Я, наконец, смог понять, как из двух агрессивных веществ, натрия и хлора, образуется безобидная поваренная соль. Значительная работа происходила и в другой области физической химии, занимающейся проблемами скорости химических реакций, т. е. в химической кинетике. Появилась все более увеличивающаяся потребность в исследовании взаимодействий между молекулами и электронами и между молекулами и квантами. Для исследования структуры молекул стали применяться новые мощные физические методы. Все большее число ученых обращается к этим проблемам. Мы сначала называли эту

область «электронной химией» и даже опубликовали книгу с таким названием. Но в Германии было принято название «химическая физика», и именно оно стало общепринятым во все мире. Существует множество институтов химической физики, в том числе Институт химической физики Академии наук СССР, директором которого я являюсь со времени его основания. С самого начала мы наладили очень хорошие отношения с зарубежными институтами и учеными, в том числе с Боденштейном, который после нашей второй публикации признал наши открытия.

Все более трудным становится очертить положение различных наук, провести границу между физикой и химией или между химией и биологией, да и кому нужны эти границы? Я вспоминаю, как мы, бывало, говорили о разнице между физикой и химией: физика имеет дело с грязными материалами, но действует чистыми методами, а химия имеет дело с чистыми материалами, но действует грязными методами. Теперь эту шутку не поняли бы, ведь физики очень часто используют сверхчистые вещества, например, в исследованиях в области атомной энергии и в радиотехнике, а в химии все более широкое применение находят точные физические методы. Поэтому все труднее становится провести разграничительную черту между физикой и химией, за исключением, может быть, физики высоких энергий, да и там обнаружилась периодическая система элементарных частиц, которая имеет сходство с периодической системой элементов.

Посмотрим на другую область науки — биологию. Изучить в мельчайших подробностях все вещества, которые определяют различные явления, относящиеся к жизни, просто необходимо. Уже невозможно проводить серьезные исследования в биологии без химии и без участия химиков. Живая материя является высокоразвитой не только с точки зрения ее строения, но и с точки зрения химии. Биологическая структура — это высокоорганизованная химическая и физическая структура. Это область, в которой может произойти следующая химическая революция. В 1820-х гг. Велер, синтезировав мочевину, показал возможность получения органических веществ из неорганических материалов. До Велера способность создавать органические вещества приписывалась некоей жизненной силе. Это открытие дало мощнейший толчок развитию органической химии и привело к синтезу пластмасс и многих других совершенно новых классов соединений.

Однако исследование процессов в живом организме — очень сложная задача. Химические реакции в живой материи происходят при комнатной температуре, в то время как в промышленности для их поддержания часто требуются экстремальные условия. Эти процессы состоят из длинных последовательностей небольших ступеней, для реализации каждой из которых требуется большая энергия активации. Синтез белков — хороший пример того, какими разными могут быть реакции в живом организме. Инсулин в лаборатории получают в результате чрезвычайно длительной процедуры, но в организме этот процесс занимает лишь несколько минут.

Высокая скорость обеспечивается действующими в организме катализаторами. Они называются ферментами. Мы должны изучить их, и когда мы это сделаем, это будет началом новой промышленной революции беспрецедентного масштаба.

Позвольте напоследок привести один пример. Много усилий тратится на исследования в области использования солнечной энергии. Но эффективность различных предлагаемых решений не идет ни в какое сравнение с эффективностью фотосинтеза в живых организмах, в котором солнечная энергия также играет решающую роль. Если бы только мы смогли узнать, как природа осуществляет фотосинтез в живом организме, это привело бы нас к высокоэффективному использованию солнечной энергии. Раскрытие секретов биологического строения ускорит прогресс и в других областях по меньшей мере в такой же степени, как в биологии.

Если говорить об очень отдаленной перспективе, мне кажется, что есть два самых важных направления научных исследований. Одно из них — элементарные частицы. Наряду с разработкой их классификации важной задачей является раскрытие внутренних взаимоотношений этого огромного числа элементарных частиц. Это привело бы нас к раскрытию подробностей фундаментальной организации материи. Другое направление — исследование более высокоорганизованной материи, кристаллов, полупроводников и т. д., и, в конечном счете, самой высокоорганизованной из всех — живой материи.

* * *

Некоторые даты жизни Н. Н. Семенова, взятые из предисловия А. Е. Шилова к книге «Николай Николаевич Семенов. 1896–1986» (на рус. яз., сост.: Л. В. Шитько, А. Ф. Абашкина. М.: Наука. 1990).

1896 Николай Семенов родился в Саратове. Его отец был государственным служащим. Еще будучи учеником гимназии, он начал проводить у себя дома химические опыты. Вскоре он понял, что будущее химической теории зависит от прогресса физики.

1913–1917 Учился на физико-математическом факультете Санкт-Петербургского университета, окончив его в 1917 г. На личность Семенова и на его первые шаги как ученого большое влияние оказал А. Ф. Иоффе.

1916 Первые его статьи были опубликованы в «Журнале Российского физико-химического общества», они были посвящены столкновениям медленных электронов с молекулами.

1918–1920 Преподавание в Томске, затем с 1920 г. — в Ленинградском политехническом институте, где он стал профессором в 1928 г.

1920 Получнл свою первую научную должность. В итоге стал директором Института химической физики Академии наук СССР н оставался им до конца жизнн. В 1943 г. этот инстнтут, огромная исследовательская организация, переехал в Москву.

Разветвленные цепные реакцин былн открыты сотрудниками Семенова в 1926–1927 гг., теорию этнх реакций он разработал в 1928–1929 гг. Цепные реакцин и кннетнка реакций оставались главными областями его интересов в течение всей его жизнн.

1929 Семенов был нзбран членом-корреспондентом академнн наук СССР. В 1932 г., невероятно молодым, он стал академнком.

Он был членом Комнтета обороны Ленннграда во время его блокады во Второй мнровой войне.

1944 Организовал кафедру хнмнческой кинетнки в Московском государственном университете и до конца жизнн оставался ее профессором и заведующим.

1947 Семенов вступнл в Коммунистичсскую партию Советского Союза. В течение жизни он занимал ряд официальных постов, в основном в Академии наук.

1956 Нобелевская премия по хнмин совместно с С. Н. Хиншелвудом «за исследования механнзма хнмнческих реакций».

1958 Иностранный член Лондонского Королевского общества.

1963 Иностранный член Национальной академнн наук США.

1978 Иностранный член Французской академии наук. Семенов был нзбран также во многие другие академнн н был удостоен многих почетных докторских степеней.

1986 Нnколай Семенов умер в Москве.

Литература

1. Radio and Television Yearbook / Ed. B. Lévai. Budapest: Magvető, 1967.

Джордж Портер, 1997 г.
(фото И. Харгиттаи)

38

Джордж Портер (George Porter)

Барон Джордж Портер Лудденхемский (родился в 1920 г. в Англии) — профессор и директор Центра фотомолекулярных наук Имперского колледжа науки, технологии и медицины в Лондоне (Великобритания). В 1967 г. получил Нобелевскую премию по химии совместно с Р. Дж. Р. Норришем из Кембриджа (другую половину премии получил Манфред Эйген из Геттингена, Германия) «за изучение сверхбыстрых химических реакций, осуществляемых путем нарушения равновесия посредством очень коротких импульсов энергии».

Профессор Портер был членом Лондонского Королевского общества, в 1985–1990 гг. был его председателем. Он также является иностранным членом Национальной академии наук США, иностранным членом Академии наук СССР (ныне — Российской академии наук), Папской академии, Японской академии, Европейской академии и многих других научных обществ. Получил много знаков отличия, в том числе следующие медали Королевского общества: медаль Дэви (1971), медаль Румфорда (1971), медаль Майкла Фарадея (1991), медаль Копли (1992). С 1989 г. является членом британского Ордена Заслуги, число членов которого не может превышать 24. В 1972 г. был произведен в рыцари, с 1990 г. стал бароном (пожизненным пэром). Мы записали нашу беседу в кабинете профессора Портера в Имперском колледже в Лондоне

11 сентября 1997 г. Интервью было опубликовано в журнале «Химический собеседник»[1].

Я впервые в жизни разговариваю с английским лордом. Но ведь Вы не родились лордом.

Боже мой, нет! Иначе я был бы другим лордом, наследственным, а этот институт, кажется, через год-другой собираются ликвидировать. Но я — лорд простой, меня вроле как выбрали. Мне это кажется забавным, и комитеты палаты лордов, например, особый комитет по науке и технологии, тоже небезынтересны.

Вы присутствовали в палате лордов 10 декабря 1991 г., кагда обсуждались бакминстерфуллерены?

Да, был залан вопрос о возможности их использования, и никто не знал, что ответить. Тогда лорд Рассел сказал: «Господа лорды, можно ли утверждать, что они не делают ничего конкретного, но это получается у них очень хорошо?» — он процитировал слова Джилберта и Салливана, относящиеся к самой палате лордов.

В палате лордов много знающих людей. Некоторые из них, возможно, не слишком осведомлены в том, что касается науки, но зато весьма осведомлены в других вещах. Во всяком случае, они наголову выше членов палаты общин. Знаменитые музыканты, писатели, ученые, дипломаты и политики — все они представлены в палате лордов.

Какова Ваше происхождение?

Я родился и вырос в Йоркшире. В то время была депрессия, и это был бедный мир. Когда я был ребенком, мы жили в угледобывающем районе, где большинство были безработными. Школа, в которую я ходил, находилась в бараке, покрытом жестью. Кое-кто из моих маленьких друзей ходил босиком. Мой отец был строителем, и наше финансовое положение было несколько лучше, чем у других, но не настолько, чтобы я мог учиться в привилегированной частной школе. Но я ходил в среднюю школу, а средние школы в Англии были очень хороши, пока лейбористское правительство, движимое идеей равенства, не разрушило их сразу после Второй мировой войны.

Отец был также методистским мирским проповедником. Это оказало на меня исключительно отрицательное влияние. Каждое воскресенье, а иногда и в будние дни я ходил в церковь. Но к тому времени, как мне исполнилось 13 лет, я стал убежденным атеистом. Я начал заниматься наукой, когда мне было 10 лет, и вскоре стал пытливым и любознательным. Задавал неудобные вопросы, прочел Томаса Пейна[2] и многих других

[1] Это интервью было первоначально опубликовано в: The Chemical Intelligencer. **1998**, 4 (4), 30–36, 1998. Springer-Verlag. New York, Inc. 31 августа 2002 г. профессор Портер скончался. — *Прим. пер.*

[2] Томас Пейн (Пэн) (1737–1809) — просветитель радикального направления (родился в Великобритании; с 1774 г. — в Северной Америке), участник Войны за независимость

авторов, подвергавших сомиенню релнгию. К счастью, это не прнвело к коифликту в семье, потому что мне хватало ума ие вступать в настоящне днскуссии. Я не люблю огорчать людей. Еслн их вера делает их счастливыми, лучше промолчать.

Но я нс согласеи с теми, кто говорит, что наука н релнгня — совершенно разные вещн и что оии могут сосуществовать рядом. Разумеется, это не так. Релнгня — это догма. Вы должны верить и не задавать вопросов, ио именно вопросамн и ответамн занимается наука.

Вы очень быстро добились больших успехов. Были ли Воши родители свидетелями этого?

К сожаленню, нет. Отец умер, когда мне было 19 лет. Он стал жаловаться на боли в грудн после того, как вырыл бомбоубежнще в иашем доме в 1939 г. Я учился хорошо, хотя уровень преподавання в моей школе был не слишком высок. Ннкто нз моей школы не поступнл в Оксфордский или Кембрнджский уинверситет. Большииство моих друзей после окончання школы работали, чтобы содержать свои семьи. Отец был свндетелем того, как я поступнл в Лидский уннверснтет, когда мие было 17 лет, н это прнвело его в трепет. В возрасте 20 лет я окончнл уннверситет по спецнальностн «химия». Если бы ои прожнл еще несколько лет, то увндел бы нечто такое, что прнвело бы его в еще больший трепет.

Кок Вы решили стоть химиком?

Когда мие было 9 или 10 лет, мие подарили набор химических реактнвов. Я — большой сторонннк таких иаборов; в то время онн были просто потрясающнмн. Этнм можно было заниматься самостоятельно просто на кухие, что я н делал. Было волшебство нзмеиеиий цвета, взрывы самодельных фейерверков 5 ноября в день Гая Фокса (парня, который хотел взорвать парламент). Мы, десятнлетние химнкн, делали свон собствеиные фейерверкн. Но сейчас это невозможио.

По соображениям безопосности?

Так называемой безопасности. В действнтельности это очень опасио, потому что означает отсутствие опыта практнческой хнмин. У нас был очень хорошнй учнтель хнмнн г-н Мур, он-то первый и сделал нз меня хнмика. Но лучше всего я помию нашего учителя математикн г-на Томкннса. Я как-то упомянул об этом в одной программе на телевндениии, и Бн-Би-Сн нашла его. Он как раз собнрался уходнть на пенсню с должности днректора одной очень хорошей школы, н мы смоглн встретнться спустя 30 лет. Теперь я ие делаю различня между хнмией, фнзнкой и бнологией, я заинмаюсь всемн этнми наукамн. В настоящее время я работаю в осиовиом в областн бнологии, бнофнзнкн, бноспектроскопнн, бнохимии и фотосинтеза. Здесь, в Имперском колледже наукн, техиологнн н медициины, у меия 10 студентов н сотрудннков. У большинства

в Северной Америке 1775–1783 гг. и Французской революцни. Отстанвал идею суверенитета народа и его право свергать правительство, вышедшее из-под его контроля. Разум, по Пейну, устанавливает вечные принципы нравственности. — *Прим. пер.*

Телевизионная лекция Би-Би-Си «Законы беспорядка», 1965 г.
(предоставлено Джорджем Портером)

из них физическое образование, а теперь они читают лекции по биохимии и химии. Наш предмет — весьма междисциплинарный.

Я слышал о Вашей деятельности по популяризации науки. Во время рождественской лекции в Королевском институте Вы красиво накрыли на стол и, трижды повторив фразу «Я верю в Исаака Ньютона», выдернули скатерть, оставив нетронутым все, что было на столе.

Джордж Портер и сэр Лоренс Брэгг в Королевском институте, 1968 г. (предоставлено Джорджем Портером)

Да, это была иллюстрация закона инерции. Мне хотелось бы кое-что добавить к этой истории. На тех рождественских лекциях в Букингемском дворце по настоянию герцога Эдинбургского присутствовало королевское семейство. Королева была настолько добра, что пригласила меня на ланч там же, с ее семьей и еще дюжиной людей. Там была принцесса Анна; она мне всегда нравилась, в ней есть что-то мальчишеское. Ей было тогда примерно 17 лет. Она сказала: «Мне понравились ваши опыты, осо-

бенно то, как вы выдернули скатерть». Мы в это время шли на ланч и вошли в роскошную гостиную с большим столом, накрытым на 12 человек и уставленным серебряными и золотыми тарелками. Принцесса Анна сказала: «Давайте, попробуйте сделать это сейчас!»

При вступлении в должность профессора Шеффилдского университета мне, как это принято, надо было прочитать инаугурационную лекцию. Я очень старался и подготовил 20 или 30 эффектных и интересных демонстраций. Лекция прошла очень хорошо, и кто-то рассказал о ней сэру Лоренсу Брэггу. Он был в то время директором Королевского института и пригласил меня прочитать там лекцию 350 школьникам. Потом я сделал доклад перед Королевским институтом; это было вполне формальное мероприятие, и на нем присутствовали представители прессы и телевидения. Доклад был посвящен энтропии и назывался «Законы беспорядка». Я прочитал шесть часовых лекций, а ведь в то время существовал только один телевизионный канал, и мне выделяли лучшее эфирное время. Так я стал заниматься презентацией науки для широкой публики и получал от этого большое удовольствие.

Вам удалось донести свои мысли до не-ученых?

Думаю, что да. Помню, как однажды очень поздно ночью я прибыл в лондонский аэропорт и зашел в какое-то огромное, пустое, похожее на ангар помещение. Там было несколько носильщиков (тех, которые грузят багаж!), и один из них крикнул мне: «Что нового в термодинамике?» Я сделал примерно 200 программ, и в начале 1960-х гг. стал очень хорошо известен публике. Но телевизионная слава быстро проходит.

Это было до того, как в 1966 г. я перешел в Королевский институт, директором которого был в течение 20 лет. У меня была большая исследовательская группа, и я много занимался чтением лекций для широкой публики и для молодых людей, рассказывал о работах Дэви и Фарадея. В 1985 г. я стал председателем Королевского общества. Затем, уже в пожилом возрасте, меня пригласили на должность профессора сюда, в Империал-колледж. Здесь у меня хорошая новая лаборатория. Сейчас я подумываю о «досрочном выходе на пенсию» в 78 лет. Это не означает, что я все брошу, но не могу же я рассчитывать на то, что Империал-колледж будет финансировать меня вечно. Я целиком за то, чтобы продолжать работать как можно дольше, но наступает момент, когда снижается темп. Люди в моем возрасте нечасто делают что-нибудь яркое или оригинальное сами, но иногда они могут приносить пользу, работая с более молодыми коллегами.

Вы очень рано начали.

Да, особенно если брать в расчет пять лет службы в военно-морском флоте. Мне очень повезло. После окончания университета в 20 лет я стал офицером ВМФ. В том же году я перешел в Абердинский университет, где была очень хорошая школа натурфилософии, как это называют в Шотландии. Я занимался радиофизикой. Этого требовала война. Во время

войны я долго находился в море, в Атлантикс, где следил за работой радаров и изучал электронику. В том конвос было около сотни кораблей, а я был единственным человеком, в достаточной степени разбнрающимся в радарах. Кроме того я вел занятия по радарам в Белфасте.

Лейтенант Портер в 1943 г. (предоставлено Джорджем Портером)

В море у меня было много временн, чтобы обдумать свон послсяоенные планы. Следует ли мне наживать деньги, или, может быть, надо заняться чем-нибудь полезным, или попытаться писать книги? Вскоре я бесповоротно решил, что хочу занниматься наукой. Не просто для развлечения', как раньше, а проводить научные исследования, сделать какое-нибудь большое открытне. Не то, чтобы я счнтал себя гениальным; я таким не был. Но я полагал, что в жнзнн нет ничего более стоящего, чем попытка продвижения в пониманни мира.

К тому времени мне было 24 года, и я решнл действовать быстро: я написал сразу трем кембриджским профессорам, потому что Кембридж — это центр наукн. Среди них были фнзик, физиолог и фнзикохимнк. В конце концов я выбрал физикохнмика Р. Дж. У. Норриша. В Кембрнджс мне было очень хорошо, и я пробыл там 9 лет. Хотел сделать нечто довольно претенциозное н весьма дорогостоящее. Основную часть аппаратуры мне удалось выклянчить у ВМФ.

Мнс повезло во многнх отношениях, но особенно в том, что главная идея моего исследования была следствнем сочетання моего опыта работы с радарами и фотохимин. В то время на хнмнческом факультете Кем-

Джордж Портер н профессор Р. Дж. У. Норриш (предоставлено Джорджем Портером)

бриджского университета были ученые, которых интересовали свободные радикалы со временем существования порядка одной тысячной секунды или меньше. Многие сомневались в том, что такие радикалы вообще существуют, но я хотел их увидеть. Я человек простой и не верю в то, чего нельзя увидеть.

Чтобы это сделать, вместо непрерывного источника света, вроде армейских прожекторов, я применил очень мощные лампы-вспышки, разработанные во время войны; их ставили на бомбардировщики, в бомбовый отсек которых в качестве источника энергии помещались конденсаторы, и эти бомбардировщики летали над территорией Германии и фотографировали ее. Я привез одну такую лампу, изготовленную в Ланкашире, достал у флотских людей конденсаторы и получил чудовищной мощности вспышку, гораздо сильнее той, которая была нужна. Я, конечно, перестарался, но конденсаторы были из списанных военных материалов и достались мне бесплатно.

Вторая идея, пришедшая ко мне примерно год спустя, заключалась в том, чтобы использовать две вспышки: одну как импульс, а другую как детектор. Это был оптический эквивалент радара. Радар использует импульсы электромагнитного излучения, радиоволны. Продолжительность импульсов была несколько миллионных долей секунды, что соответствует микросекундам в радарах, которые мы использовали перед тем, как я ушел из флота. Идея была в том, чтобы послать импульс, а затем исследовать его при помощи скорости света, используя расстояние как меру времени.

Значит, Вы получили от военно-морского флота не только оборудование, но и идеи?

Совершенно верно. Нет ничего более полезного, чем соединение двух совсем разных вещей.

Как долго Вы сотрудничали с профессором Норришем?

Я оставался на факультете 9 лет. Работа, за которую я получил Нобелевскую премию, была частью моей докторской (Ph. D.) диссертации, но пришлось работать еще 15 лет, прежде чем ее заметили.

Сделали ли Вы потом еще что-нибудь столь же значительное, как и Ваша диссертация?

В общем, нет. Я применял этот метод в биологии, химии и физике. Кое-что из этого привело к впечатляющим результатам, но все, что я делал с того времени, стало возможным благодаря методу импульсного фотолиза.

Одним из первых примеров применения этого метода было получение короткоживущих частиц, называемых свободными радикалами, изучение их строения и химического поведения. В первые же несколько месяцев работы я получил довольно много таких радикалов. Наиболее удачным примером был свободный радикал ClO, ранее неизвестный оксид хлора. Он легко образуется на свету в смеси хлора и кислорода, но существует

Получение Нобелевской премии от короля Швеции Густава в 1967 г. (предоставлено Джорджем Портером)

лишь несколько тысячных долей секунды. Мне удалось исследовать некоторые интересные химические реакции с его участием. Норриш нередко приводил к нам посетителей, которые могли бы дать факультету денег. Конечно же, многие из них задавали вопрос: «А как это можно использовать?» Я был молодым ученым, занимался фундаментальной наукой и очень гордился этим, поэтому я отвечал, что никакой пользы от этого нет, и в течение 20 лет это было правдой. Но в конце концов оказалось, что молекула ClO является ключевой в решении проблемы атмосферного озона. Большинство этих реакций мы изучили еще до того, как была осознана важность хлорфторуглеродов.

Первые опыты по применению импульсного фотолиза сделали возможным измерения времени химических реакций порядка миллисекунд. В течение следующего года мы смогли перейти к микросекундным измерениям, а потом стал возможен и наносекундный фотолиз, в котором применялся лазер, заменивший наши импульсные лампы. Лазер обладает гораздо большей мощностью, у него более короткие импульсы, и он когерентен. Он дает очень узкий и почти монохроматический пучок.

Лорд Портер с женой Стеллой (леди Портер) в своем доме в Королевском обществе, Карлтон Хаус Террас, Лондон (предоставлено Джорджем Портером)

Могли Вы в эпоху микросекундных измерений предвидеть, что наступит время, ко-

гдо стонут возможными измерения в мосштобе ноносекунд, пикосекунд, не говоря уж о фемтосекундох?

Об этом я думал больше, чем о чем-либо другом. Было очевидно, что этим надо заниматься. Мы знали, что находимся на границе чего-то гораздо более быстрого. До появления лазеров я очень старался создать наносекундную лампу-вспышку, и нам действительно удалось сделать несколько таких ламп. Мы опубликовали статью об исследованиях, в которых они применялись. Например, искровые электрические разряды можно применять для наносекундных реакций. К сожалению, они не обладают большой энергией и не являются когерентными.

Появление лазеров преобразило мою работу. Сначала был наносекудный лазер, потом спустя сравнительно небольшое время, через пять лет, появился пикосекундный лазер, затем настал черед фемтосекундного.

Это конец?

Да. Если речь идет о молекулярной химии и биологии, не имеет смысла использовать временные интервалы, меньшие, чем фемтосекунда. В таком масштабе времени из-за принципа неопределенности точное определение энергии становится невозможным. Даже продолжительность существования переходного состояния гораздо больше. Частота распада переходного состояния равна kT/h, где k — постоянная Больцмана, T — абсолютная температура, а h — постоянная Планка. Это соответствует времени порядка 50 фемтосекунд, что и является пределом шкалы времени для химии. В ядерной физике можно продвинуть эту шкалу дальше, потому что там речь идет об энергии, значительно большей, чем химическая энергия.

Однако существует множество интересных вещей, которые можно изучать в доступной нам временной шкале. Я упомянул переходное состояние, которое для многих физикохимиков является главным аспектом в исследовании хода реакций. Один из ученых, впервые выдвинувших это понятие, М. Г. Эванс, был одним из моих учителей в Лидсе. Он сам учился у Майкла Поляни в Манчестерском университете. Я встретился с Поляни, когда был первокурсником, мне тогда было 17 лет. Мне как секретарю студенческого химического общества дали поручение, приводившее меня в уныние: нужно было произнести речь, выражающую благодарность Майклу Поляни за его лекцию. Я вообще-то не очень хорошо понимал то, о чем он говорил, но мне удалось сказать, что лекция была великолепной и что я кое-что понял. Много лет спустя я снова встретился с ним, когда его сын Джон пригласил меня пообедать в клубе «Атенеум» после заседания Фарадеевского общества. К тому времени он стал заниматься общественными науками.

Не могли бы Вы расскозоть что-нибудь о том, нод чем Вы роботоете в настоящее время?

В течение последних десяти лет я изучал элементарные явления фотосинтеза. Как это ни удивительно, некоторые из самых быстрых реакций происходят в листьях растений. Когда лист поглощает свет, весь фотохимический и фотофизический процесс длится менее одной наносекунды.

Химическая реакция осуществляется в результате переноса электрона из хлорофилла через мембрану. Когда хлорофилл теряет электрон, происходит окисление, и из воды получается кислород. Затем электрон переходит на другую сторону мембраны, и там происходит восстановление, и получается водород, или, что более обычно, восстанавливается диоксид углерода и получаются сахара́. Как раз сейчас это — прекрасная область для исследований, потому что за последние два или три года нам удалось провести прецизионные фемтосекундные спектроскопические исследования. Кроме того, биохимикам удалось выделить реакционные центры и с помощью электронной микроскопии, дифракции электронов и дифракции рентгеновских лучей определить их структуру с почти атомным разрешением. При таком разрешении зеленые моторчики листа выглядят даже более красивыми, чем сам лист.

Первой такой структурой был реакционный центр осуществляющей фотосинтез бактерии, за который группа из Германии была удостоена Нобелевской премии в 1988 г. Но полный фотосинтез с расщеплением воды происходит только в зеленых растениях, где существуют две фотосистемы, и эволюция кислорода происходит в одной из них, называемой «фотосистема II». Мои коллеги, работающие здесь в Империал-колледже под руководством Джима Барбера, находятся на пороге определения структуры этого реакционного центра со средним разрешением и очень скоро должны дойти и до атомного разрешения.

Элементарными явлениями, происходящими в реакционном центре, являются перенос электронов через мембрану и вызванные им окисление воды и восстановление диоксида углерода до углеводов. Но, до того как это случится, свет должен быть собран при помощи антенн, состоящих из многих молекул хлорофилла и других пигментов. Структуры этих антенн также недавно были определены в Империал-колледже и в Штутгарте под руководством Вернера Кюльбрандта.

Эта структурная работа очень интересна и важна, особенно для нас, потому что она дополняет исследования кинетики быстрых реакций переноса энергии и электронов с помощью метода импульсного фотолиза, которые проводила группа фотомолекулярных наук, в которую входят Дэвид Клуг, Джеймс Даррант и другие ученые из Империал-колледжа.

Процессы фотосинтеза, возможно, самые важные из всех быстрых реакций в фемтосекундном и пикосекундном масштабе времени, и очень приятно, что быстрый прогресс структурных исследований в области биохимии сопровождался успехами пикосекундной и фемтосекундной импульсной спектроскопии, позволившими детально изучить кинетику фотосинтеза.

Я не могу придумать ничего более подходящего для завершения этого бега наперегонки со временем, чем возможность выяснить, что же такое, в конце концов, эти не только самые быстрые, но и самые важные из всех химических реакций — реакции, дающие пищу, топливо и энергию для жизни.

Ахмед Зевейл, 1997 г.
(фото И. Харгиттаи)

39

Ахмед Зевейл (Ahmed H. Zewail)

Ахмед Зевейл (родился в 1946 г. в Египте) — Полииговский профессор химии и профессор физики, заведующий лабораторией молекулярных наук Национального научного фонда США в Калифорнийском технологическом институте. Больше всего он известен своими работами в области фемтохимии, приведшими к изменению парадигмы нашего мышления о динамике химических связей и реакций. Доктор Зевейл получил много наград, в том числе Международную премию короля Фейсала, премию Вольфа, премию Роберта А. Уэлча, премию Петера Дебая и премию Э. Брайта Уилсона. Он является членом Национальной академии наук США и членом многих других академий и обществ. Наши беседы проходили 14 и 15 февраля 1997 г. в Пасадене (штат Калифорния). Ниже представлена несколько сокращенная версия полного интервью, впервые опубликованного в журнале «Химический собеседник»[1].

Расскажите, пожалуйста, об истории и развитии фемтохимии.

XX век ознаменован значительными достижениями в области временного разрешения в химии. Найденное Сванте Аррениусом теоретическое выражение для скоростей химических реакций (1889) дало нам ключ к пониманию временного диапазона этих скоростей, а после предложенного

[1] Полная версия этого интервью была первоначально опубликована в: The Chemical Intelligencer. 1997, *3* (3), 20–31, 1997. Springer-Verlag, New York, Inc.

Генри Эйрингом[2] и Майклом Поляни[3] (1931) микроскопического теоретического описания реакций химики стали понимать движения атомов в терминах *переходного состояния* в колебательном временном диапазоне. Но, естественно, приходилось заниматься прежде всего тем, что могло быть измерено в то время, а именно реакциями с малыми скоростями.

Один из первых успешных экспериментов, в котором речь шла о временах, меньших одной секунды, был проведен с использованием трубки Вентури. Два реагента смешали в трубке Вентури и наблюдали продукты реакции на различных расстояниях. Зная скорость потока, можно определить время с точностью до десятков миллисекунд. Это было прогрессом по сравнению с разрешением порядка секунд, получавшимся при использовании фосфоресценции и фосфороскопов. Затем появились методы прерывания потока, которые достигли миллисекундного разрешения. Эти методы до сих пор используются в биологической кинетике.

Следующий большой шаг в своем развитии временнóе разрешение в химии сделало вскоре после Второй мировой войны, когда Р. Дж. У Норриш и Джордж Портер в Англии и Манфред Эйген в Германии достигли микросекундного разрешения. Используя достижения электроники того времени, Портер и Норриш разработали метод импульсного фотолиза. Они производили вспышку света длительностью порядка миллисекунды, создавали в образце радикалы и с помощью другого источника света записывали спектр этих радикалов. Это позволило исследовать кинетику реакций в миллисекундном диапазоне и наблюдать некоторые относительно стабильные промежуточные соединения. Эйген разработал метод релаксации, в котором разрешение было микросекундным и приближалось к наносекундному. Если с помощью скачка температуры, скачка давления или электрического поля нарушить состояние равновесия в растворе, то система сдвигается из положения равновесия. После этого система возвращается в состояние равновесия, и можно изучить кинетику процесса. В своей стокгольмской лекции Манфред Эйген назвал такие реакции «неизмеримо быстрыми». Казалось, достигнутое разрешение — предел того, что может быть измерено или что нужно измерять, имея в виду задачи химии. Примерно в то же время для исследования кинетики с таким же временны́м разрешением применялись ударные трубки.

---

[2] Генри Эйринг (1901–1981), американский физикохимик. Основные труды по квантовой химии и химической кинетике. Один из создателей теории абсолютных скоростей реакций. Ввел в химию термин «активированный комплекс».

[3] Майкл Поляни (1891–1976) — английский физикохимик. С 1962 г. жил в США. Основные работы посвящены химической кинетике и изучению кристаллической структуры. После 1918 г. занялся интерпретацией рентгенограмм, которые получались при облучении целлюлозных волокон, и установил (1921) размеры элементарной ячейки целлюлозы. Один из создателей (1935, вместе с Г. Эйрингом и английским физикохимиком М. Г. Эвансом) теории абсолютных скоростей реакций, включающей метод переходного состояния. Совместно с И. Хорнути разработал (1935) молекулярную модель элементарного акта электрохимической реакции. В 1950-х гг. практически оставил научную деятельность в области химии и занялся философией и теологией.

Но никто не предвидел появления лазеров. Они могли давать наносекундные импульсы света, а с использованием синхронизации волн даже пикосекундные и фемтосекундные. В конце шестидесятых и в семидесятые годы несколько исследовательских групп в США и Европе применяли пикосекундную технологию для исследования химической кинетики быстрых неизлучательных процессов в растворах. Я вспоминаю захватывающие сообщения о фотофизической скорости внутренней конверсии (Питер Рентзепис), о пикосекундных химических реакциях захвата и переноса электронов (Кен Эйзенстхаль), о скоростях межсистемных процессов (Робин Хохштрассер) и колебательной релаксации (Вольфганг Кайзер) в растворах. Примерно в то же время развивались исследования реакций с помощью молекулярных пучков, и хотя на раннем этапе моей карьеры я не участвовал в этом, позднее использование пучков стало составной частью наших усилий по развитию фемтохимии.

Когда двадцать лет назад я пришел в Калтех, развитию фемтохимии способствовали два обстоятельства: пикосекундные исследования, которые я проводил в Беркли, и мой интерес к понятию когерентности, о котором мне хотелось бы рассказать. Для того, чтобы исследовать *динамику* разрыва и возникновения связей, надо рассматривать временны́е интервалы, меньшие, чем период колебаний связи, и здесь важна когерентность. Нам пришла в голову удачная мысль сочетать использование сверхбыстрых лазеров и молекулярных пучков для исследования динамики *отдельных* молекул. Это было подобно нашим более ранним исследованиям когерентности малых молекул в газовой фазе, но теперь мы распространили исследование на большие молекулы и реакции.

Развивая работу 1976 г., в 1980 г. мы наблюдали необычное явление. Мы начали с большой молекулы антрацена, привели эту молекулу в возбужденное состояние и предполагали, что благодаря большому количеству колебательных мод энергия молекулы растечется по этим модам, как если бы молекула «купалась» во множестве мод. Но как быстро перераспределится энергия в этой молекуле? Таков был первоначальный вопрос. Мы ожидали, что произойдет угасание энергии в первоначально возбужденной моде и ее увеличение в остальных модах. Это было бы временно́й характеристикой, измеренной в реальном времени, которую мы могли бы поставить в соответствие с перераспределением энергии в молекуле, до этого непосредственно не измерявшимся. Мои студенты — Питер Фелькер (он сейчас профессор в КУЛА) и Билл Ламберт (он сейчас работает в AT&T) — во время этого эксперимента обнаружили нечто поразительное. Наблюдались колебания: энергия уходила из первоначальной моды, но потом опять в нее возвращалась. Я знал, что надо быть очень осторожным с этим поразительным наблюдением. Поэтому было проведено множество контрольных экспериментов, некоторые из них я проводил сам своими руками. Сомнений не было — результат подтвердился. Мы немедленно опубликовали нашу первую статью, в которой описывалось это явление, которое впоследствии стало называться когерентным волновым пакетом динамики реакции. В сущности,

мы зарегистрировали молекулы в нулевой момент времени в процессе изменения фазы данного колебания и затем наблюдали, как система переходит к другому колебанию, а потом возвращается в исходное состояние, причем все остальное множество состояний не затрагивается. Это наблюдение открыло мне глаза. Отныне я знал, что если мы можем исследовать изолированные химические системы, мы сможем увидеть колебательные и вращательные движения молекул и химические реакции.

Пару лет спустя мы достигли временно́го разрешения, позволившего нам исследовать не только колебательное перераспределение, но и вращательное движение, и скорости реакций. Зная период вращения, мы могли получить момент инерции и определить строение молекулы. Исходя из микроканонических скоростей реакций, мы проверяли теории на самом фундаментальном уровне. Тем временем лазеры продолжали совершенствоваться и их импульсы становились все более короткими: сначала менее пикосекунды, потом около 90 фемтосекунд, а затем 6 фемтосекунд. Чак Шэнк и его сотрудники получили такие короткие импульсы благодаря уникальным разработкам лазеров на красителях, и я сразу, а это было в начале восьмидесятых, позаботился о том, чтобы модернизировать наши лазеры, которые уже работали вместе с молекулярными пучками в исследованиях, о которых я упоминал выше. Финансирование осуществляли военно-воздушные силы, которые по своему почину поддержали этот переход к новому оборудованию. Так появился «Фемтоленд I», причем он находился в том самом помещении, в котором некогда располагалась рентгеновская аппаратура Лайнуса Полинга. Сейчас у нас уже есть «Фемтоленд VI».

В 1985 г. нам удалось разработать методологию зондирования динамики реакций с фемтосекундным разрешением, а в 1987 г. была опубликована первая статья, в которой сообщалось о наблюдениях переходных состояний, — «Фемтосекундное зондирование переходных состояний в химических реакциях в реальном времени» («Real-Time Femtosecond Probing of Transition States in Chemical Reactions»). Следует отметить, что здесь впервые процесс разрыва связи наблюдался в реальном времени, хотя химия определяется как процесс разрыва связей и образования связей. В 1987 г. мы опубликовали также работу о наблюдении образования связей в реальном времени, в которой говорилось о «рождении OH из реакции $H + CO_2$». За этим в 1988 г. последовал иодид натрия. Это был образцовый случай. Он продемонстрировал мощь метода наблюдения динамики ковалентных/ионных связей и переходных состояний.

В последнем десятилетии диапазон применений этого метода превзошел все ожидания: от элементарных до сложных химических реакций, от газовой фазы до кластеров, плотных жидкостей, растворов и биологических систем. Оглядываясь на прошлое, можно сказать, что фемтосекундная шкала времени хорошо подошла для исследования фундаментальной динамики химической связи, и именно поэтому приложения во многих областях были и останутся столь впечатляющими.

Каков наименьший промежуток времени, который еще можно использовать для исследования химических реакций?

Химические реакции характеризуются движением ядер. Ядра движутся со скоростью около одного километра в секунду, и для связи длиной порядка 1 Å временной масштаб составляет около 100 фемтосекунд. Если мы можем наблюдать колебания и вращение молекул в реальном времени, мы, в сущности, можем узнать все, что нам нужно, о динамике химических реакций. Эти фундаментальные пределы определяют как химическую, так и биологическую шкалу времени.

Если перейти к субфемтосекундной шкале времени, становится интересным движение электронов. Эта шкала, возможно, позволит нам наблюдать движение электрона в бензольном кольце. Однако при таком временном масштабе физические явления становятся важнее химических.

Что Вы назвали бы своим наиболее выдающимся вкладом в развитие химии до настоящего времени?

Для «Динамики химической связи» это, возможно, развитие фемтохимии, разработка ключевого понятия когерентности в химической динамике. Эти понятия изменили наши представления о движении ядер и о динамике в химии.

Расскажите, пожалуйста, подробнее о понятии когерентности.

Когда мы говорим о скоростях реакций и о кинетике в химии, мы обычно думаем о числе молекул, прореагировавших за единицу времени, или о числе молекул, существующих в определенных состояниях системы. Таким образом, мы говорим о поведении ансамбля в среднем, без учета какой бы то ни было когерентности в ансамбле молекул. Но с помощью лазерного излучения мы фактически можем получить молекулы в когерентном состоянии, а в этом состоянии молекулы знают о существовании друг друга, о фазе и ориентации друг друга. В каком-то смысле они «склеены» вместе, так что они движутся согласованно. Мы называем это «одномолекулярной» траекторией. Это относится к миру динамики, потому что в момент нулевого отсчета времени система становится синфазной.

Получение и зондирование когерентных молекул и реакций является центральным пунктом в области динамики и фактически объясняет, почему в этой области химия идет впереди физики. Это состояние в квантовой механике называется волновым пакетом. В 1926 г. Лоренц написал Шредингеру, что получить такое состояние, по его мнению, невозможно. Как я уже говорил, сейчас мы очень легко можем создавать когерентные состояния в молекулах и реакциях.

Эти понятия заставляют нас думать о реакциях в терминах реального времени и одномолекулярной траектории, совсем как при классической визуализации движения. Фактически в фемтосекундном масштабе времени классическое описание движения дает вполне адекватную картину, и динамика имеет атомное разрешение.

В Вашей книге «Симметрия глазами химика» много примеров когерентности в химии. В структурном смысле когерентность — это поиск

системы. Это пространственная когерентность. Существует также временна́я когерентность, о которой мы только что говорили, и которая еще 20 лет назад была чужда химии.

Не могли бы Вы привести примеры того, как Ваши исследования повлияли на развитие химии?

Химия — это разрыв и образование связей. Развитие методов наблюдения этих процессов увлекательно само по себе, потому что мы можем увидеть эти явления, а «увидеть, значит поверить». Процессы часто кажутся сложными потому, что мы рассматриваем их в течение большого промежутка времени, и за это время многие этапы процесса объединяются в одно целое. В фемтосекундном масштабе времени эти этапы разлагаются на составные части, и сложный процесс распадается на ряд более простых событий. Сейчас у нас впервые имеется методология и разрешение, позволяющие видеть движение ядер в реальном времени, поэтому мы можем говорить и думать в терминах, соответствующих прохождению реакции. Это новая концепция, дающая нам возможность действительно видеть происходящее в то самое время, когда оно происходит.

Я хотел бы упомянуть в качестве примеров несколько областей, в которых такие наблюдения были решающими для формирования нашего образа мышления о предмете. Это элементарные реакции, сложные реакции, динамика сольватации и фемтобиология. Это дает некоторое представление о разнообразии явлений, понятий и сфер приложения фемтохимии.

Возьмем понятие разрыва связи в элементарных реакциях. Можно задать фундаментальный вопрос: сможем ли мы когда-нибудь определить положения ядер в пространстве, чтобы наблюдать их движение? Если помнить о принципе неопределенности, можно ли говорить о динамике с разрешением 0,1 Å? Работа с иодидом натрия показала, что мы действительно можем определить положения ядер и получить в динамике атомное разрешение. Был установлен принцип когерентности, и химическая связь наблюдалась в динамике, по мере того как ее структура менялась от ковалентной к ионной. Ранее наблюдать такой процесс было невозможно, а теперь мы знаем динамическую картину и меру, в которой квантовые эффекты могут помогать или препятствовать таким наблюдениям. Это — фундаментальное знание, и если иметь в виду, что прежние теории предсказывали противоположный эффект локализации, оно является особенно важным. Кстати, такое пересечение кривых (ковалентная/ионная) в химии можно увидеть повсюду, — перенос электронов, S_N2-реакции, кислотно-основные реакции и т. д., — и увидеть это в реальном времени было очень волнительно.

Возьмем другой пример элементарных, но бимолекулярных реакций. Одна такая реакция имеет отношение к процессам в верхних слоях атмосферы и к горению. Гидрокси-группа реагирует с монооксидом углерода и получается диоксид углерода и атом водорода или наоборот. В реакции, идущей в противоположном направлении, атом водорода сближается

с молекулой диоксида углерода и отбирает у нее один атом кислорода. Как получается, что связь H—O образуется, а связь C=O разрывается? В течение какого времени это происходит? Продолжительность этого процесса чрезвычайно важна. Если он происходит за 10 фемтосекунд, то это означает, что водород отнимает кислород практически мгновенно, до того, как у системы появляется шанс совершить какое-нибудь колебательное или вращательное движение. В таком случае решающую роль играют электроны. Если же продолжительность процесса имеет порядок пикосекунды, возможно, что водород образует комплекс с CO_2, что занимает некоторое время и дает возможность ядрам сдвинуться. Тогда молекула может совершать вращательные и колебательные движения, и перераспределение энергии становится определяющим фактором в образовании продукта; т. е. продукт является результатом движения ядер. Выделив в реальном времени переходное (промежуточное) соединение HOCO, мы можем установить механизм реакции и, что столь же важно, проверить теоретические предсказания на самом фундаментальном уровне.

А что можно сказать о сложных реакциях в органической и неорганической химии?

Фемтохимия была распространена на мир органической и неорганической химии, чтобы объяснить динамику и механизмы сложных реакций, которые химики изучали в течение многих десятилетий. В число таких реакций входят реакция Дильса—Альдера, реакция Норриша, реакции элиминирования, перициклические реакции, реакции переноса протонов и электронов, реакции изомеризации и таутомеризации. Фемтосекундное разрешение позволяет изучить элементарные этапы в этих сложных превращениях. Тот же самый подход был распространен и на реакции в кластерах, т. е. в конечных агломератах молекул растворителя, с тем, чтобы исследовать кислотно-основные и другие реакции, а также на растворы и биологические системы.

Возьмем, например, реакцию Дильса—Альдера или перициклическую реакцию двух молекул этилена в классическом описании Вудворда—Хофмана. Были предложены два механизма: согласно первому реакция происходит согласованно, т. е. два реагента сходятся в нужное время и синхронно, а согласно второму — в области переходного состояния происходит образование бирадикального соединения. Этот бирадикал совершает колебательные и вращательные движения, и, в конечном счете, образуется вторая связь. Этот механизм является ключевым для нашего понимания того, как образуются и разрываются связи C—C, а также для стереохимии, для изучения путей реакций и выхода реакций. Мы исследовали эти реакции, наблюдали их фемтосекундную динамику и обнаружили согласованность истинных движений ядер. Мы также выяснили происхождение устойчивости стереохимических особенностей и дали общую картину энергетического ландшафта.

Не могли бы Вы привести пример из области химии конденсировонных фоз?

Эффект клстки — явление. имеющсс большое значение в химии растворов, — это ешс один случай. Он случается, когда разрывается химическая связь в растворителе, и существуст лишь консчная вероятность рекомбинации двух атомов или фрагментов молекулы. Этот процесс исследовался в течение 60 лет, а теперь об этом пишут в учебниках. Динамика этого процссса очаровательна и включаст в себя много этапов. Если наблюдать за процессом с пикосекундным или наносекундным разрсшением, то объединяются во времени раздсление двух атомов, их взаимодействис с растворителем, их возвращение друг к другу и восстановление связи. После рекомбинации атомы совсршают высокоамплитудные колебательныс движсния, поэтому одной из стадий эффекта является также период охлаждения.

С помощью фемтосекундного разрсшения мы смогли наблюдать различные стадии этого процесса. Такие исследования мы проводили для кластеров растворителей в различных фазах, от газов до растворов. Мы могли следить за движснисм ялср, наблюдать их отделсние друг от друга и рекомбинацию. и даже смогли измерить скорость их охлаждения. Более того, мы сумели проверить истинность предполагавшегося механизма — действительно ли атомы отходят друг от друга и попадают в клетку из молекул растворителя, и возврашаются ли они, как это предполагалось, и существует ли связь между фазами их движсния? Мы также изучили вопрос о необходимости существования клетки растворителв и обнаружили, что даже одна молекула растворителя способна загнать атомы в клетку в ходе «бимолекулярных» столкновений растворитель — растворснное вещество. Столкновение с молекулой растворитсля отнимает большую часть энергии отделившегося атома, и он захватывается. Так что это выглядит совсем не так, как если бы он отскочил от стенки. Этот процссс не является случайным; во всей этой последовательности событий есть слаженность, и выявляющийся в ходе исследований мсханизм в настоящее время основан на непосредственных наблюдениях.

Что Вы узноли о переносах злектронов и протонов в фемтосекундом мосштобе времени?

Нас, конечно. интересовали эти процессы — они имеют фундаментальное значение. Возьмем проблему переноса заряда, изучавшуюся Робертом Малликеном, Джоэлом Хильдебрандом и многими др. В то время изменение цвета растворов йода определяло то, что называли «правильными или неправильными растворителями». Мы тоже исследовали знаменитый раствор йода в бензоле, но на этот раз на микроскопическом уровне. Электрон переходит от бензола к йоду. После этого получается комплекс $I_2^{-}C_6H_6^{+}$. В фемтосекундном масштабе мы получили возможность наблюдать движение ядер и обнаружили неожиданный механизм: после образования I_2^- существуют два пути реакции. Первый состоит в том,

что электрон прыгает назад к бензолу, притянутый его положительным зарядом. В результате остается I_2, но с очень большой энергией, поэтому он опять распадается, и образуются атомы йода. Этот процесс занимает 300 фемтосекунд. Второй путь выглядит так: I_2^- совершает колебания относительно $C_6H_6^+$, один атом йода выталкивается, и получается комплекс $I^-C_6H_6^+$. Мы можем разделить эти два пути, определить две различные величины кинетической энергии атомов йода, получающиеся при прохождении реакции по каждому из этих путей, и определить геометрию переходного состояния. Таким образом, мы смогли понять динамику этих двух процессов и пролить свет на движения ядер, дающие ключ к этой старой проблеме. Обратите внимание: конечным продуктом обоих путей являются атомы йода, и без временно́го разрешения мы просто не можем выделить эти два пути и описать их динамику. Аналогичным образом мы исследовали внутримолекулярный перенос электронов, а также внутри- и межмолекулярный перенос протонов.

Фемтобиология?

Прогресс в этой области, в котором приняли участие многие мои коллеги, производит сильное впечатление. Например, в молекуле родопсина, «молекуле зрения», есть связь, называемая 11-*цис*-связью, относительно которой молекула скручивается. Динамика этого движения исследовалась в фемтосекундном масштабе в Беркли и в других научных учреждениях. Сейчас мы знаем, что в первичном акте зрения этой молекуле для скручивания требуется 200 фемтосекунд. Молекула родопсина велика, тем не менее, квантовый выход скручивания вокруг 11-*цис*-связи составляет около 80 %. Это означает, что природа не заставляет молекулу сначала получать энергию, потом перераспределять ее, находить именно эту связь и скручиваться вокруг нее, используя оставшуюся энергию, что давало бы выход около 5 %. Этот процесс когерентен и удивительно похож на описание, данное нами для иодида натрия. Получается, что в основе первичного процесса зрения лежит динамика двухатомной системы. Это единообразие механизмов определяет важность динамики в химии и биологии.

Аналогичная ситуация наблюдается и в случае фотосинтеза. Здесь первичным процессом является перенос электрона в белке. Во время переноса электрона ближайшие ядра двигаются когерентно, по крайней мере, в том временном масштабе, в котором происходит перенос. Это так и называется — когерентный перенос электронов. Природа сделала так, что в этом процессе участвуют отнюдь не все атомы белка, энергия не распределяется по всей молекуле и не расходуется напрасно. Процесс перехода электронов идет в определенном направлении и вовлекает лишь небольшой объем колебательного фазового пространства. Эти результаты, полученные во Франции, Швеции и других странах, дали нам новое понимание динамики этих процессов на атомном уровне.

Лайнус Полинг и Ахмед Зевейл (предоставлено Калифорнийским технологическим институтом)

Нынешняя семья Зевейла (фото И. Харгиттаи)

Что можно сказать о динамике систем со слабыми взаимодействиями, более слабыми, чем ковалентные связи?

Это еще одна область, которая интересует меня, — она относится к супрамолекулярной химии и распознаванию молекул. Я уже упоминал о нашем исследовании кислотно-основных реакций, в которых ключевую роль играют водородные связи с основаниями, такими как аммиак или вода. Вопрос состоит в том, как это распознавание водородом неподеленной электронной пары азота или кислорода влияет на кислотность и стабильность молекул. Недавно мы распространили наше исследование

на модельные пары оснований с двумя водородными связями — две неподеленные пары азота и две связи N–H. В результате получается структура с двойными водородными связями, наподобие некоторых пар оснований в ДНК. Это слабые взаимодействия с высокоамплитудными движениями и низкими барьерами, но они играют огромную роль в становлении структуры и в ее изменениях. Поскольку существует барьер, система может совершить туннельный переход через барьер, но это занимает значительно больше времени, чем переход через его вершину; следовательно, вероятность изменений относительно мала. Левдин называл это квантовой генетикой. Мы хотели понять это явление, поэтому мы возбудили молекулу и обнаружили, что в модельной паре оснований два атома водорода двигаются несогласованно. Мы установили, что это — квантовый туннельный эффект, и измерили его скорость. Затем заменили водород дейтерием, и это резко изменило вероятность туннелирования. Все эти изменения проявляются в фемтосекундном масштабе. Явление связано с молекулярной структурой, и мы сделали предположения относительно природы и структуры интермедиата и переходного состояния; впоследствии эти предположения были подтверждены неэмпирическими расчетами.

Кок можно оценить обоснованность приближения Борно—Оппенгеймера в фемтосекундном моситобе времени?

Ваш вопрос затрагивает самую суть значимости временнóй шкалы. По существу приближение Борна—Оппенгеймера основывается на следующей идее. Электроны движутся значительно быстрее ядер. В этом смысле мы можем говорить о возбуждении и промотировании электронов, если положение ядер в пространстве относительно постоянно. На уровне фемтохимии приближение Борна—Оппенгеймера все еще допустимо в том смысле, что в масштабе 10^{-14} секунды амплитуда движения ядер сильно отличается от амплитуды движения электронов. Однако в масштабе 10^{-16} секунды это различие стирается, и даже электронные состояния атомов и молекул становятся трудноопределимыми.

Довойте теперь сменим тему и немного поговорим не о Вошей ноуке, о о Вас. Первые 22 годо жизни Вы провели в Египте.

Египет предоставил мне чудесные возможности. Я вырос неподалеку от Александрии в добродетельной и трудолюбивой семье. Мой отец работал для правительства. Я был единственным сыном в семье, у меня три сестры. Мне уделяли особое внимание. Считалось, что я стану инженером или врачом. Я особо ценю то, что меня научили важности хороших взаимоотношений с людьми, научили, как быть приятным и как нравиться. Дома меня всегда учили умеренности и рассудительности; в том же духе мы сейчас воспитываем наших детей. Университетское образование я получил в Александрии, в городе с древними научными традициями и, конечно же, городе Великой библиотеки. Удивительно, что я стал ученым, ведь это не было семейной традицией.

А Ваша религия?

Моя семья — мусульмаие, как, вероятио, 90 % иаселения Египта. Мы всегда придерживались умеренных взглядов, и когда я жил в Египте, мы говорили о том, что мы — египтяие, иезависимо от религии, цвета кожи или места проживания; миогие из моих преподавателей в университете были христиане-копты, и со миой учились студенты разного происхождения и из разных местностей. Терпимость была всегда характерна для большинства египтян, и я думаю, что это одиа из причин того, что наша цивилизация просуществовала так долго, более 5 000 лет.

Расскажите о Вашей жене и детях.

С теперешней моей женой Демой я познакомился в 1989 г. в Саудовской Аравии, до этого я десять лет жил холостяком после развода. Я поехал в Саудовскую Аравию для получения Международиой премии — премии короля Фейсала. Я получил ее за вклад в физику. В то же самое время отец Демы получал эту премию за труды в области литературы. Так мы встретились. Всего у меня четыре ребеика, двое от моего первого брака. Одна из иих, Маха, — выпускница Калтеха и сейчас изучает в Техасе генную инженерию для получения докторской степени. Амаии сейчас собирается поехать в Беркли. Моя первая жена была студеиткой Александрийского университета, оиа любящая мать. Дема училась в Сирии, там она стала доктором медициины, а потом я КУЛА получила степень магистра в области здравоохранения. У иас два мальчика, Набиль и Хаии, и Дема отдает им миого сил. Она старается, чтобы мы были счастливой, культуриой и заботливой семьей.

Как Вы учились в Египте?

Я получил очень традициониое образование. Было важно получить образование, но не имело зиачения, чем я буду заниматься потом. Со стороны моей семьи не было никакого давления, иапример, чтобы побудить меня заняться бизнесом и делать деньги. У нас есть пословица, которую я слышал много раз: «Ученая степень дает силу — как и деньги в кармане». Она защищает тебя, делает лучше и культурно обогащает. Такова традиция. Получение хороших оценок и поступление в хороший университет было движущей силой моих соучеников. Все иадеялись когда-нибудь стать важной персоной. В нашей школе ие было иичего особенного, но был сильный упор иа домашнюю работу и дисциплину.

Я не знаю, что послужило толчком для зарождения моего интереса к науке. В школе я получал высшие оценки по естественнонаучным предметам. До поступлеиия в колледж я ставил некоторые эксперименты у себя дома в комиате. У меня были пробирки, и я нагревал в них разные вещества, например, дерево. Мог произойти взрыв, но мне везло — взрыва не случилось. Меня увлекали эти эксперименты, особеиио превращение вещества из твердого тела в горючий газ. Мать не возражала против моих опытов; по-моему, он думала, что это — часть моей учебы.

Учение было для меия всем. Когда я в первый раз приехал в Александрийский университет и увидел его красивые, богато украшенные здания,

храм знаний и образования, у меня были слезы на глазах. Я эмоционально отнесся к «дому учености» и к тому времени уже знал, что когда-нибудь стану ученым.

Когда я поступил в Александрийский университет, я начал обучаться естественным наукам. На первом курсе я мог заниматься по четырем предметам: химии, физике, математике и еще одному предмету на выбор; я выбрал геологию. На втором курсе можно было отказаться от одного из этих четырех предметов. После второго курса нескольким лучшим студентам позволялось специализироваться в одной области. На нашем курсе из 500 человек было семь таких «специализированных студентов», и я был одним из них. Я выбрал «специальную химию». Я окончил университет с высшим отличием. Поскольку я был «специализированным студентом», у меня были привилегии, например, я мог заниматься в кабинетах профессоров, брать у них книги; и они знали этих студентов по имени. Я получал стипендию, которая походила на зарплату. Когда я окончил университет, меня уже ждала должность, поскольку я был так называемым первым студентом. Идея заключалась в том, что я уеду куда-нибудь для получения докторской степени, а затем вернусь на свою должность в Александрийском университете. Для занятий, необходимых для получения докторской степени, я приехал в Пенсильванский университет. Моим научным руководителем был профессор Робин Хохштрассер, познакомивший меня с современными научными исследованиями. Я провел там четыре с половиной продуктивных года, опубликовал около дюжины статей, но не менее важным было то, что я занимался большим количеством интересных исследовательских проблем.

Во время Ваших занятий для получения докторской степени не было ли у Вас ощущения, что образование, полученное в Александрии, ставит Вас в невыгодное положение?

Да, конечно. Я знал основы химии, периодическую таблицу, неорганические соли и т.д. Однако мне не хватало знаний по квантовой механике, лазерам и прочим современным вещам. Первый курс, который я прослушал, назывался «501. Введение в квантовую механику и спектроскопию». Меня очень беспокоило то, что я не смогу быть на равных с другими, но, в конце концов, я стал одним из двух студентов, получивших оценку «отлично».

А что было потом?

У меня было искреннее намерение возвратиться в Египет. Но я хотел поработать два года постдоком, чтобы до возвращения подготовиться к должности профессора. Мне также хотелось привезти домой большой американский автомобиль. Я поехал в Беркли и стал работать с профессором Чарлзом Хэррисом. Это дало мне опыт совсем другого рода. Беркли оказался для меня новым миром. Почти все работали над пограничными проблемами. Лаборатории там были богато оборудованы, в них работало много знаменитых людей, и большинство аспирантов имели высокий уровень.

Ахмед Зевейл в лаборатории (фото И. Харгиттаи)

Когда пришло время возвращаться в Египет, Чарлз поговорил со мной. Он видел во мне больше, чем видел в себе я сам. Он посоветовал мне подать заявления в лучшие университеты Америки. В конечном счете, у меня было шесть или восемь предложений из таких мест, как Гарвард, Чикаго, Калтех, Северо-западный университет, Университет Райса. Я не мог не остаться.

Ваш окончательный выбор пал на Калтех.

Когда я приехал сюда на собеседование, на меня произвела большое впечатление решимость Калтеха добиться моего успеха. Было очевидно, что они сделают это надлежащим образом. Они взяли на себя определенные

У Ричарда Б. Бернстейна (1924–1990) была выдающаяся карьера, в том числе должности в Иллинойском технологическом институте, Мичиганском университете, Висконсинском университете в Мадисоне, Университете штата Техас в Остине, Колумбийском университете, корпорации «Оксидентал Ресерч» и Калифорнийском университете в Лос-Анджелесе. Он был пионером в области рассеяния молекулярных пучков и исследования динамики реакций. Свою последнюю книгу под названием «Динамика молекулярных реакций и химическая реакционная способность» («Molecular Reaction Dynamics and Chemical Reactivity») он написал в соавторстве с Р. Д. Левайном. (Фото предоставлено Ахмедом Зевейлом)

обязательства и выполняли их во всех подробностях. Еще до того, как я переехал, мое имя было написано на месте для парковки автомобиля.

Было и еще кое-что. В Чикаго было много превосходных преподавателей в области химической физики. В Калтехе в этой области я был один и мог начать перестраивать современную экспериментальную химическую физику. Меня увлекла идея перехода в Калтех, где в моей основной области никто не работал. Я всегда находил это привлекательным. Мне не нравится, когда вокруг много народа, так что и в этом смысле Калтех был для меня предпочтительным.

Я пришел сюда в 1976 г.; очень хорошо помню, что это было в мае. Наша первая статья была представлена в августе и опубликована в декабре того же года. Я заказал кое-что из оборудования, когда еще был в Беркли, и оно поступило как раз к моему приезду. Можно было начать эксперименты сразу, как только я вошел я лабораторию, и я так и поступил. Через полтора года ко мне пришел декан поговорить о переходе на постоянную штатную должность, и я занял такую должность в 1978 г. Это было потрясающе; тогда в науку о молекулах вошли лазеры, с помощью которых можно было осуществлять явления, невозможные при обычном свете!

Но в том же 1978 г. я понял, что смогу сделать больший вклад в химическую динамику в реальном времени, если мне удастся выделить изучаемые молекулярные системы в сфокусированном пучке. Тогда я еще ничего не знал об аппаратах для работы с молекулярными пучками, но я был готов снова учиться. Этот переход был плодотворен и сыграл важную роль в наших исследованиях «динамики химической связи». В 1990 г. мне первому дали звание Полинговского профессора. Интересно, что усилия группы Полинга в Калтехе были направлены на исследование «строения химической связи».

Кто оказал на Вас самое большое влияние?

Вне Калтеха это был Ричард Бернстейн[4]. Дик был первоклассным экспериментатором и одним из создателей метода молекулярных пучков. Он был очень честен, без устали работал, был привержен науке и семье и очень помогал молодым коллегам.

Мое знакомство с ним — это большая удача. Я был новичком в области динамики молекулярных реакций, когда он посетил Калтех. Сначала он был моим коллегой, потом моей главной опорой и, наконец, моим другом. Он провел со мной два годичных творческих отпуска. В том, что касалось фемтохимии, он был в «десятом возбужденном состоянии». Он всегда верил в «безграничные возможности» этой области, это его слова. Слышать такое от солидного и всеми уважаемого старшего коллеги было в то время огромным стимулом для меня. Вы знаете, как трудно иногда совершить прорыв в какой-либо области науки, особенно если вы в ней не являетесь специалистом. Вам могут серьезно помешать враждебным

[4] См. также интервью с Р. Уэттеном (с. 366–367).

отиошением, вас могут просто проигнорировать. Дик Бернстейн с самого первого дия следил за тем, чтобы этого не произошло, и сделал пророческие предсказания, касаюшиеся фемтохимии. Во время первого творческого отпуска мы работали вмссте. Каждый раз, когда мы оба были в городе, мы ставили кофейиик, сидели в моем кабинете и разговаривали. Это было фаитастическое ощущеиие: разговаривать с человском, имеющим 30-летний опыт работы, и видеть, что ты его стимулируешь. Во яремя его яторого творческого отпуска, незадолго до его смерти, мы построили новый аппарат и хотели исследовать фемтохимию поверхностей. У нас были весьма разиообразные планы совместной работы. Что я могу сказать? Он был героем.

Когди Вы попадаете куда-нибудь, где люди не знают о науке, не чувствуете ли Вы сдержанность по отношению к себе из-за того, что Вы араб из Египта?

Я ощущаю только одно — сяои собственныс чувства. Когда чсловек сближается с другими людьми в его подсознании либо сидит эта метка — то, что ои араб, еврей, христиаиии — и человек живет с ней, либо ее иет. Если эта метка есть, обязательно ощущается некоторая нсустойчивость, и люди это чувствуют. Дажс если вас ие хотят обидеть, вы будсте излишне чувствитсльны. У меня никогда не было этого подсознательного ощущения давления, но иногда и меня огорчала несправедливость. Я горжусь тем, что я египтянии, горжусь тем, что я американец, горжусь тем, что я араб, горжусь тем, что я учсный.

Когда я приехал в Сосдиненные Штаты, я стремился улучшить свое образование, чтобы получить докторскую степеиь (Ph. D.). До этого в Пенсильваиском университете видели ие так уж много египтян, имевших такую цель. Я был в ииом положении, чем те, кто приехал из Британии, Германии или Франции. Здесь не знали моего происхождения и моей культуры. Мне было 22 года, и для меня это был также и культурный шок. Я вырос в культуре Среднего Востока. Друзья — это очень важно. У друзей можно занять деньги без расписки. Можно прийти в гости, не позвонив предварительно по телефону. Если у вас кризис, друзья будут часами сидеть у вас и говорить с вами. Когда хороший друг уезжал на неделю из Александрии в Каир, мы шли на вокзал, целовали его, и в иаших глазах иной раз были даже слезы.

Культура Соединенных Штатов показалась мие совершеио другой, и приоритетом номер один в ней была работа. В 1969 г., вскорс после моего приезда, случился такой эпизод. Шел снег, на мне были легкие ботиики, и я упал. Все проезжали мимо. Не то, чтобы оии были плохими людьми, просто оии заиимались только своим дслом. В Каире остановился бы поток траиспорта, на середину улицы выиесли бы стул, и кто-ибудь бросился бы ко мне с чашкой мятного чая.

Если говорить о культуре, я теперь смеюсь над некоторыми происшествиями, случавшимися вначалс. Когда в Египте встречаются хорошие друзья, они часто используют арабское присловье, в буквальном переводе

означающее «я убью тебя». Конечно, это просто поддразнивание. В первое время мой английский был очень плох, и я часто просто переводил слова и выражения. Так я и сказал одному моему знакомому аспиранту: «Я убью тебя». Я сразу заметил — произошло нечто ужасное. В его понимании как человек, только что приехавший со Среднего Востока, я действительно имел в виду то, что сказал.

Другое отличие — отношения между профессорами и студентами. В той культуре, откуда я происхожу, профессора уважают как проповедника знаний. Существует пословица, гласящая: «Если кто-нибудь научил тебя хотя бы одной букве, ты настолько обязан ему, что можешь стать его рабом». Я приехал в Пенсильванский университет и считал моего профессора проповедником науки. Я узнал, что он любит кофе, поэтому купил кофемолку, кофе, приготовил кофе и принес профессору в кабинет. Все остальные аспиранты сочли это странным. Они подумали, что в моем поступке есть корысть. Когда я приехал в США, я вручил этому профессору подарок, который мои родители выбрали для него и упаковали, — реакция была такой же. Кстати, сейчас мне нравится, когда мои студенты делают это, если хотят!

Ахмед Зевейль на египетской почтовой марке (1998). Согласно пресс-релизу Калтеха от 5 августа 1998 г. доктор Зевейл сказал: «Я особенно рад тому, что этот знак уважения исходит из страны, где я родился, и что я могу находиться в одной компании с марками в честь пирамид, Тутанхамона и Нефертити»

Я игнорировал культурные затруднения и тратил всю свою энергию на учение. Единственное, чего мне хотелось, — это получить самое хорошее образование, какое только смогу. За четыре года, проведенные в Филадельфии, я мало узнал о городе — знал только то, что мне было нужно. Меня волновала (и до сих пор волнует) наука, и это был рай науки. В Александрии у нас были трудности с журналами, реактивами, оборудованием и т. д.; здесь у меня было все. В Филадельфии у меня появились друзья; с некоторыми из них я остаюсь дружен больше 25 лет.

Здесь в науке много евреев. Не было ли у Вас в связи с этим каких-нибудь событий, о которых Вы хотели бы рассказать?

Я заметил это, когда подавал заявления о приеме на работу. Но, возможно, мое происхождение даже давало преимущество — любопытно

было посмотреть на ученого-египтянина. Мне было известно о еврейской традиции образованности. Я знаю, что в еврейский семьях детей учат ценить знания и размышлять. Думаю, что большинство людей могли бы оценить меня именно за то, что во мне есть. Многие мои друзья — учсные-евреи, и они могут ценить меня и как ученого, и как человека. Достигнув такого уровня отношений, мы не позволяем политике их разрушить или вмешиваться в них, хотя мы можем соглашаться или не соглашаться друг с другом, говоря о политических вопросах. Разумеется, бывают и исключения. Я помню собеседование при приеме на работу в одном известном университете. Я вошел в кабинет, и некий человек, очевидно, очень эмоциональный, спросил меня: «Ради Бога, почему бы Вам не уехать обратно в Вашу страну?» С другой стороны, был Стюарт Райс из Чикагского университета, который был первым деканом, предложившим мне работу, причем это было очень хорошее предложение. Были и другие, которые, возможно, не хотели бы, чтобы я упоминал их имена, и их отношение ко мне было конструктивным и достойным настоящих ученых. Так что все зависит от того, каковы чувства людей и каково их поведение, и от моих чувств и моего поведения.

Не хотели бы Вы еще чего-нибудь добавить?

Я хотел бы подчеркнуть один момент. Каждый раз, когда я получаю почетную степень, награду или читаю специальную лекцию, люди превозносят меня за то, что я сделал, и мне не хочется скромничать. Но, по-моему, не следует забывать двух вещей. Во-первых, как бы вы ни были хороши, нужно оказаться *в нужном месте в нужное время*. Другая вещь — это сложившиеся в обществе установления и традиции, которые делают нас такими, какие мы есть. Для меня это мои родители, Египет, Соединенные Штаты и Калтех. Успех «Фемтоландии» есть следствие работы многих талантливых членов нашей группы в Калтехе, полезной и квалифицированной поддержки коллег и воздействия исследований в области фемтохимии, проводившихся во всем мире.

40

Иштван Харгиттаи, 2000 г.
(фото М. Харгиттаи)

Иштван Харгиттаи (Istvan Hargittai)

Иштван Харгиттаи (родился в 1941 г. в Будапеште) — профессор химии Будапештского университета технологии и экономики, профессор-исследователь университета им. Этвеша. Член Венгерской академии наук, Норвежской академии наук и Европейской академии (Лондон). Получил диплом химика (что соответствует степени магистра) в Московском государственном университете (1965), докторскую степень (Ph. D.) в университете им. Этвеша (1971), докторскую степень (D. Sc.) в Венгерской академии наук (1976), звание почетного доктора наук в Московском государственном университете (1992) и звание почетного доктора естественных наук в Университете Северной Каролины (1999). Наивысшей из полученных им наград является Венгерская государственная премия Сеченьи, которую он разделил со своей женой и давней соратницей Магдолной Харгиттаи в 1996 г. Основные области его научных интересов: структурная химия, проблемы симметрии, великие научные открытия и ученые XX века. Он был автором или редактором около 30 книг. Его последняя книга — «The Road to Stockholm: Nobel Prizes, Science, and Scientists» («Дорога в Стокгольм: Нобелевские премии, наука и ученые». Oxford University Press, 2002, 2003). Предлагаемое интервью с профессором Харгиттаи проведено П. М. Зорким по переписке в феврале 2003 г.

В Вашей многогранной и удивительно обширной научной, научно-организационной и публицистической деятельности отчетливо просматриваются по меньшей мере четыре главных компонента: эксперимен-

тальные и теоретические исследования строения молекул в газовой фазе, оналитические обзоры и книги по проблеме симметрии в химии, издоние журнала и сборников, посвященных праблемам структурнай химии, и ноконец, исследавательская и литературная робота в области навай и навейшей истарии химии. Паскольку в настоящей книге Вы выступаете в четвертай из перечисленных ролей, пазвольте с нее и ночать. Скажите, пажалуйста, кагда и как Вы пришли к мысли о создонии уникольной коллекции интервью с выдающимися учеными-химиками XX века? Какавы аснавные этопы и перспективы этой Вашей деятельнасти?

Как легко догадаться, я с удовольствием расскажу об этом проекте. Ои иачался в 1994 г., и толчок к иему дал Лайиус Полииг. Я попросил у иего совета в деле оргаиизации журиала «Химический собеседиик» («The Chemical Intelligencer»). Ои был в восторге от этой идеи, ио добавил, что, к сожалению, слишком заият, чтобы писать для журиала. Это было иезадолго до его смерти. Я поиимал, что ои ие взялся иаписать что-иибудь для журиала потому, что был уже очеиь болеи. До этого ои всегда активио поддерживал мои проекты. Как бы то ии было, его положительиый отклик подсказал мие мысль послать ему иесколько вопросов с тем, чтобы ои иа иих ответил, и таким образом возиикло иитервью, приведеииое в иачале этой киици, вероятио, самое последиее его иитервью. После этого обмеиа вопросами и ответами с Полиигом у меия были беседы с химиками, учеиыми, работающими в области биомедициiских иаук, физиками. Я продолжал брать иитервью даже после того, как журиал прекратил свое существоваиие. Эти иитервью содержат ииформацию, которой иет ии в автобиографиях, иаписаииых самими учеиыми, ии в биографиях этих учеиых, иаписаииых другими людьми. Мие кажется, оии должиы быть особеиио вдохновляющими для иачинающих исследователей. Оии позволяют увидеть гумаиистические аспекты иауки; в этих иитервью учеиые предстают как живые люди, как личиости.

Несколько лет иазад я решил издать сборник моих иитервью в виде книги — так возиикла серия «Candid Science» («Откровеииая иаука»). Сейчас у вас в руках первый том этой серии. К иастоящему времеии вышли три тома, в первом и третьем собраиы иитервью с химиками, а во втором — с биохимиками, биологами, медиками. Четвертый том, содержащий иитервью с физиками, иаходится в стадии подготовки.

Начииая работу иад первым томом, я вспомиил, что самое первое мое иитервью со зиамеиитым химиком Николаем Николаевичем Семеиовым было записаио в 1965 г. в Будапеште. Я получил диплом иа химическом факультете Московского государствеиного уииверситета в июие 1965 г., вериулся в Будапешт и в августе иачал работу в Веигерской академии наук. Несколько иедель спустя мие позвоиили из редакции радио «Будапешт» и попросили провести иитервью с русским учеиым — Нобелевским лауреатом. Ои приезжал иа короткое время по случаю присуждеиия ему

звания почетного доктора наук Будапештского технического университета (сейчас это Будапештский университет технологии и экономики). Звонивший мне человек слышал, что я — химик и хорошо говорю по-русски, поэтому он и позвонил. Я согласился, хотя не имел понятия, что надо делать. Я был невежественный новичок и даже не знал о своем невежестве. На мое счастье Семенов был опытным и знающим человеком и старался помочь мне достойно выйти из этой ситуации. Когда я начал работу над этим томом, я пошел в архив радио «Будапешт» и купил копию своего интервью. Для меня было большим удовольствием прослушать его снова.

Эти интервью расширили мой взгляд на науку. Я узнал о великих открытиях и новых разделах — не все они были мне знакомы. Я называю эти интервью своим вторым университетом. Меня часто спрашивают, что за народ эти знаменитые ученые? Составляют ли они особую группу людей? Есть ли у них особенные черты? Я взял около 150 интервью, в том числе более 80 — у Нобелевских лауреатов. Каждый из этих ученых внес что-то свое в науку и тем самым в общий прогресс человечества. Но в общем-то они простые смертные, такие как мы с вами. Хотя этих интервью недостаточно для получения надежных статистических данных, я сделал некоторые интересные наблюдения, которыми охотно поделюсь.

Во многих случаях, определенно чаще, чем я ожидал, ученым, добившимся впоследствии успеха, приходилось преодолевать серьезные препятствия в юности или в начале своей работы. Похоже, что наиболее важным фактором в их развитии является Учитель. Учителем может быть научный руководитель, а может быть и персонаж, известный из литературы. Эффект Учителя может возникнуть в результате продолжительного ежедневного общения либо в результате случайно оброненного опытным коллегой замечания.

Другим важным компонентом является место, где ученый начинает заниматься исследованиями. Есть знаменитые города, из которых вышли десятки Нобелевских лауреатов. Вспомним, например, берлинскую, кембриджскую, копенгагенскую физические школы, кембриджскую школу молекулярной биологии. Однако для талантливого ученого любое место может оказаться подходящим, если у него есть хороший партнер; в этом случае великолепные результаты можно получать даже в промышленной лаборатории.

Вероятно, именно Вы лучше, чем кто-нибудь другой, можете сказать, в какой мере и как личные качества крупного ученого, его человеческая индивидуальность влияют на его научные результаты. Этот вопрос имеет принципиальное значение для истории и методологии ноуки.

Это интересный вопрос, на который я могу дать только субъективный ответ. Я полагаю, что хороший ученый — всегда демократ, в том смысле, что он или она никогда не станет решать научный вопрос, пользуясь своей властью. С другой стороны, хороший ученый не является демократом в том смысле, что научные вопросы никогда не могут быть решены путем голосования. Хороший ученый всегда ищет неожиданное, он не будет

проводить исследования с предсказуемыми результатами. Можно сказать также, что недостойны финансовой поддержки заявки, в которых запланировано получение заранее очевидных результатов. Разумеется, это — идеалистический подход. Я знаю, что в реальной жизни все не так.

Хороший ученый должен разбираться во многих отраслях знаний, поскольку знания в одной области могут привести к решению проблем в других областях. Поэтому я являюсь сторонником разностороннего образования. Хороший ученый должен понимать значимость того, что он делает, должен чувствовать, когда он близок к открытию. А ведь часто — гораздо чаще, чем можно было бы предполагать, — научные работники не распознают открытие в том, что они сделали. Иногда они возвращаются к своему открытию через несколько лет, когда другие уже воспользовались основными его преимуществами.

Хороший ученый работает над исследовательским проектом для того, чтобы получить результат, а не для того, чтобы прославиться. Но когда интересный результат получен, ученый не должен считать, что добиваться признания унизительно. Он должен стараться распространить сведения о своем успехе как можно шире. Только таким способом другие могут получить пользу от его открытия. Хороший ученый старается дать привлекательное название своему открытию, если появилась нужда в новом названии. Чтобы представить свои результаты как можно более широкой аудитории, он публикует все свои важные результаты на английском языке и в самых лучших из доступных ему журналов. Трудно опубликовать плохую статью в хорошем журнале, но, как это ни удивительно, и у новаторских статей бывает трудная судьба (проще всего публикуются посредственные работы).

Не существует определенного типа личности, который более всего подходит хорошему ученому, и когда исследователи вступают в сотрудничество, различия их индивидуальностей могут помочь достижению их целей. Существуют и различия, относящиеся к глубине проницательности, также вытекающие из индивидуальных особенностей. Мой покойный друг, венгерско-шведский биохимик Ларс Эрнстер, делил ученых на два типа: бурильщиков и землекопов. Бурильщик старается узнать как можно больше о некоторой узкой области и непрерывно работает по одной теме. Землекоп переходит от темы к теме, пока не будут исчерпаны все возможности развития его проекта. Невозможно сказать, у какого из этих типов больше шансов совершить значительное открытие.

Мне кажется, что научные открытия можно подразделить на прорывы, более или менее опережающие свое время, и открытия назревшие, неизбежные — если это открытие не сделаете вы, его в ближайшем будущем сделает кто-нибудь другой. Наверное, пути к открытиям первого и второго типа существенно различны. Не правда ли?

Не существует надежных рецептов для того, чтобы сделать научное открытие, и я не думаю, что можно однозначно классифицировать пути, ведущие к тому или иному типу научного открытия. По этой же при-

чине невозможно сказать: «Сейчас я сделаю открытие», — и тем более заранее определить, будет ли открытие опережать свое время или же оно будет своевременным. И все же я понимаю, что Ваш вопрос касается одной из самых существенных черт научного прогресса. Если говорить об открытиях, опережающих свое время, то их ценность может быть не слишком высока, если они уж слишком забегают вперед, потому что трудно отличить важное открытие, для которого еще не пришло время, от никому не нужного «открытия». Я считаю, что признаком «преждевременного» открытия является тот факт, что в данной области и в смежных областях еще не был достигнут прогресс, достаточный для того, чтобы научное сообщество могло использовать это открытие. Когда Эйвери и его сотрудники обнаружили, что ДНК является носителем информации о наследственности, почти так оно и было. С одной стороны, весь мир жаждал узнать, какое вещество отвечает за наследственность, с другой стороны, химия ДНК была еще недостаточно развита, чтобы надежно обосновать утверждение о том, что именно ДНК является таким веществом. Считалось, что ДНК — неинтересное вещество, и что у нее нет необходимой специфичности. Эрвин Чаргафф был одним из очень немногих ученых, осознавших важность открытия Эйвери. Он сразу же переключился на исследования ДНК, и после того, как он установил ее специфичность, ДНК, наконец, смогла занять свое место в генетике. К тому времени, как Уотсон и Крик открыли, что ДНК имеет вид двойной спирали, научное сообщество уже было готово принять и использовать это открытие. Открытие бакминстерфуллерена в 1985 г. было вполне своевременным, даже можно сказать «запоздавшим», так как и соображения симметрии, высказанные Осавой, и гипотеза Несмеянова об эндоэдрических углеродных комплексах, и расчеты Гальпери указывали на возможность его существования. Открытие же Менделя настолько опередило свое время, что оставалось в забвении в течение половины столетия, и то, что его пионерские работы были вновь обнаружены и его имя было связано с его открытием — просто везение. Но я не нахожу различий между путями, ведущими к преждевременным открытиям и к открытиям, сделанным «вовремя».

Что Вы думаете о соотношении естествознания и философии? Какую роль играет (если играет) искусство в развитии химии?

Я полагаю, что философия — это один из аспектов разностороннего образования, это знакомство с работами великих мыслителей. Однако я не вижу никакой прямой связи между совершением открытий и осведомленностью в области философии.

Вопрос о роли искусства в развитии химии может быть рассмотрен на разных уровнях. Если взять простейший уровень, то я полагаю, что искусство предоставляет аналогии, которые могут быть полезны в химическом образовании, а в редких случаях может служить и источником вдохновения для исследователя. Однако я не хотел бы преувеличивать его значение.

Существует также и некий побочный аспект взаимоотношения искусства и науки, на котором я, с вашего позволения, остановлюсь. Часто утверждается, что если какой-нибудь определенный ученый не сделает данное открытие, его вскоре сделает кто-нибудь другой. С другой стороны, если не создано какое-либо произведение искусства, то никто другой его создать не может. Однако и у научных исследований и открытий бывает свой стиль, который делает некоторые открытия уникальными. Например, если бы Уотсон и Крик не открыли бы, что структура ДНК имеет вид двойной спирали, это сделали бы другие, и, вероятно, скоро. Но открытие Уотсона и Крика было подобно удару, явилось, как гром среди ясного неба, и сразу же оказало огромное влияние. Если бы эту работу делали другие, правильная структура проявлялась бы по частям, постепенно, и эффект, возможно, был бы менее значительным.

Расскажите, пожалуйста, о Ваших радителях, о Вашем детстве, васпитании и абразавании, а Вашей жене и детях.

Здесь я должен себя ограничить, иначе ответ получится слишком длинным. В последние несколько лет я много думал над этим вопросом, когда писал еще одну новую книгу. Эта книга — не автобиография, но в ней много автобиографического. Название книги будет примерно такое: «Наши жизни: ученый встречает XX век» («Our lives: A scientist meets the 20^{th} century»). Я только что, 29 января, представил рукопись целиком, и книга должна выйти 25 апреля 2003 г.

Мой отец был юристом. Его убили в трудовом лагере, куда он был отправлен, потому что был евреем. В 1944 г. мы как евреи были депортированы. Наш поезд направлялся в Освенцим, но в конце концов прибыл в Вену. Мать работала, как рабыня, и даже брат работал в самых нечеловеческих условиях, хотя ему в то время было только 10 лет. Нас освободила Советская армия в конце весны 1945 г. Моя мать — герой. Она спасла нас не только в физическом, но и в духовном смысле. Другие пленники тоже превозносили ее за то, что она поддерживала в них желание выжить. Хотя мы раньше жили в Будапеште, где я и родился в 1941 г., после возвращения мы не смогли въехать в свой дом, поскольку он был занят командным пунктом Советской армии. Мы переехали в сельскую местность в юго-восточной Венгрии, там я и вырос. Мать вышла замуж второй раз, и мой отчим, потерявший в венском лагере свою жену и сына, стал мне новым замечательным отцом.

Я начал интересоваться химией, когда мне было 11 лет. Сначала моим любимым предметом была математика, но в одном математическом соревновании, в котором я участвовал, мне в качестве премии выдали книгу по химии. Когда я в 1955 г. хотел продолжить образование в средней школе, меня не приняли. Мне приклеили ярлык «классового врага», потому что до войны у моего деда был магазин. Наконец, в результате больших усилий мне удалось поступить в среднюю школу в Будапеште. Та же история повторилась и четыре года спустя, когда я подал заявление в университет. Впрочем, в конце концов, я поступил и туда. Через два года

я подал заявление на стипендию для продолжения учебы в Москве и, к моему удивлению, я получил эту стипендию. Я учился в Московском государственном университете (МГУ). Когда дело дошло до выбора темы исследования, я потратил почти год в поисках наилучшей области науки и наилучшего научного руководителя. Мне очень повезло: я повстречал Льва Васильевича Вилкова. У него я научился методам определения строения молекул с помощью дифракции электронов и, что важнее, он научил меня тому, как проводить научные исследования. От Льва Васильевича я узнал о важности научной литературы и контактов с зарубежными учеными. Это тем более примечательно, что в то время советская наука и советские ученые в значительной мере находились в изоляции от мирового сообщества, что было характерно и для других сторон жизни в Советском Союзе. О моей дипломной работе Вы и сами все знаете: ведь Вы были ее рецензентом. Это было в 1965 г. Интересно, как замкнулся круг: теперь Вы расспрашиваете меня о моей жизни.

Студент Московского государственного университета Иштван Харгиттаи, начало 1960-х гг. (фотограф неизвестен)

Когда я начал научную карьеру в Будапеште, мне опять повезло, потому что с самого начала директор исследовательской лаборатории поддержал мое стремление к независимости. Еще одно везение заключалось в том, что мне повстречался преданный своему делу и квалифицированный механик, помогавший мне в постановке экспериментов, в которых мы с самого начала искали уникальные решения. Я стремился установить контакты с зарубежными лабораториями, и Отто Бастиансен пригласил меня на три месяца в Университет Осло; за этим последовали и другие приглашения. В 1969 г. Бастиансен взял меня с собой в Университет штата Техас. Там я приобрел больше опыта, а также заработал деньги на покупку нашего первого дома в Будапеште.

Лев Васильевич Вилков (фото И. Харгиттаи)

Семья Харгиттаи в 1997 г. (фото Дж. Леви, Уилмингтон, Сев. Каролина)

К тому времени я уже был женат. Магди — теперь она доктор наук (D. Sc.) Магдолна Харгиттаи, профессор-исследователь в области структурной химии — была моей первой студенткой. Мы поженились в 1967 г., и вот уже более 35 лет мы — муж и жена, лучшие друзья и лучшие соратники. Наши интересы совпали в области исследования строения молекул, симметрии, а также в области истории науки XX века. Но к счастью, наше профессиональное мастерство и наши подходы к решению проблем не только перекрывались, но и дополняли друг друга. Мы горды результатами наших исследований и нашими книгами, но больше всего мы горды нашими детьми.

Балаж родился в 1970 г., учился в Будапештском университете (диплом химика), Северо-западном университете в Эванстоне близ Чикаго (магистр наук) и в Миннесотском университете в Миннеаполисе (Ph. D.). Сейчас он — ассистент-химик в Университете Святого Франциска в Лоретто в Пенсильвании. Эстер родилась в 1973 г., училась в Смитовском колледже в Нортгемптоне, Массачусетс (бакалавр наук) и в Принстонском университете (магистр наук). В 2003 г. она должна получить докторскую степень (Ph. D.) и уже приняла приглашение занять должность ассистента в области информатики и социологии в Северо-западном университете. Дети доставляют нам радость не только своими успехами. Нам удалось остаться их друзьями и наперсниками, и мы поддерживаем тесный контакт с ними обоими.

Наши дети усвоили американский образ жизни, когда бывали с нами во время моих продолжительных визитов в США в качестве приглашенного профессора. Основными местами моей работы в разное время были

университеты в штатах Коннектикут, Техас, Гавайи и Северная Каролина. Я преподавал тысячам студентов, в основном химию, но иногда и физику.

Трудно себе представить, что при таком объеме научных и литературных занятий человек способен еще и на хобби. И все же — есть у Вас хобби?

Ваш вопрос о моих хобби сформулирован очень тактично. Хотя я пытался заниматься традиционными видами хобби, такими, как коллекционирование марок или монет, у меня это никогда не получалось, потому что мой интерес к этим занятиям оставался довольно ограниченным. В конце концов, я собрал небольшую коллекцию почтовых марок, посвященных науке. Что касается моей коллекции монет, она находится в хранилище, а при себе я держу только одну монету. Это испанская монета, выпущенная по случаю чемпионата мира по футболу. Она мне нравится, потому что на ней изображен футбольный мяч, который для меня ассоциируется с молекулой бакминстерфуллерена.

Впрочем, первоначальный узкий круг тем моих научных исследований, которыми я занимался в конце 1960-х гг., к настоящему времени сменился широким кругом интереса к истории науки и к биографиям ученых. От родителей я унаследовал интерес к музыке; больше всего мне нравятся такие композиторы, как Барток и Стравинский. У меня со временем появился интерес к геометрическому искусству, в особенности к Вазарели[1], Малевичу и др. Наши дети и наша очарованность симметрией побудили меня заняться фотографированием; я активно пользуюсь им также во время своих интервью. Если бы мне нужно было выбрать одно самое важное хобби, то это — прогулки по лесу вместе с Магди, пикантность которым придают наши с ней разговоры. Мы с Магди все время заняты — у нас не бывает времени для скуки.

Давайте вернемся к науке. Расскажите, пожалуйста, о ваших исследованиях в области газовой электронографии (Ваших и Магди). Каковы перспективы развития этого научного направления?

Газовая электронография — один из наиболее важных методов, способствующих пониманию строения молекул и природы химической связи. Именно это привлекло меня в ней еще тогда, когда я делал свою дипломную работу, и позволило исследовать фундаментальные проблемы структурной химии. Когда я продолжил эти исследования в Будапеште, нам прежде всего нужно было создать надежную экспериментальную базу, в том числе разнообразные сопла, чтобы иметь возможность варьировать условия эксперимента в широком диапазоне. Затем мы включили в круг

[1] Виктор Вазарели (настоящая фамилия Вашархей) (1908–1997) — французский художник. Уроженец Венгрии, в 1930 г. переехал в Париж. В 1950–1960-е гг. стал одним из основоположников и крупнейшим мастером оп-арта. Его живописные композиции, написанные яркими и чистыми тонами «космического спектра», основаны на оптических иллюзиях, рождающих эффект волшебно преображающегося пространства. Развивал свои художественные открытия в широком диапазоне — от монументальной архитектуры до маленьких сувениров. — *Прим. пер.*

своих интересов ряд нестабильных соединений, и это привело нас к совместному использованию дифракции электронов и масс-спектрометрии. Еще одной характерной чертой нашей методологии стало сочетание электронографии и спектроскопии (пионерами в этой области были Виктор Павлович Спиридонов из МГУ и его сотрудники).

Сначала мы провели широкое и систематическое изучение соединений, содержащих серу. Это было продолжением работы, начатой мной в Москве. Затем, с начала 1980-х гг., я стал заниматься исследованием небольших структурных различий в разнообразных системах. Например, мы изучали деформацию бензольного цикла в зависимости от наличия различных заместителей или изменения структуры при образовании внутримолекулярных водородных связей. Развитием этой темы в последнее время стали исследования структурных изменений, происходящих при образовании все более крупных молекул из небольших молекулярных блоков. Именно это интересует меня в настоящее время. Нам хотелось бы понять структурные аспекты биологической роли полисахаридов; возможно, это нечто большее, чем просто заполнение межклеточного пространства. Мы также хотели бы понять структурные аспекты «заражения» некоторых белков молекулами других белков в ходе развития болезни Крейцфельдта—Якоба.

Одним из результатов моей работы, доставивших мне наибольшее удовлетворение, был вклад в развитие модели отталкивания электронных пар валентной оболочки. Я ввел правила, сделавшие применение этой модели более надежным. С автором этой теории Р. Дж. Гиллеспи мы совместно написали книгу. Эта работа еще раз показала, что экспериментальные и вычислительные методы следует применять согласованно.

В последнее время наши структурные исследования все больше становятся вычислительной работой. Относительно простые органические системы могут быть рассчитаны с такой же точностью, какую дают эксперименты, а стоимость человеческого труда и оборудования при этом гораздо меньше. Впрочем, в работе Магди информация, полученная в ходе экспериментов, продолжает играть решающую роль, хотя и расчеты она делает на вполне современном уровне. Она исследует главным образом системы металлогалогенидов, начиная от самых простых до весьма сложных. Сейчас она — авторитетнейший специалист в этой области, пионерские работы в которой были проведены в МГУ. Магди в своих исследованиях использует все доступные экспериментальные и вычислительные методы. Она установила интересные и важные корреляции между молекулярной геометрией и электронной структурой. Она, например, впервые обнаружила и экспериментально подтвердила наличие эффекта Яна—Теллера в газовой фазе. Она сотрудничает с учеными из многих стран: от Германии до Новой Зеландии, от Франции до США.

Что касается будущего газовой электронографии, я полагаю, что она зависит от того, сможет ли эта область науки привлечь одаренных студентов, готовых направить свои силы на трудную экспериментальную

работу, освоить несколько методов и к тому же овладеть современной методикой вычислений. Газовая электронография расширила свои границы, и теперь область ее применения включает исследования динамических структур в так называемой фемтосекундной химии. Прежде структурные исследования были направлены на исследование химической связи в том виде, в каком она существует, сейчас же перед нами встает новая трудная задача: понять процесс образования и разрыва связей.

В начале нашей беседы мы говорили о научных открытиях. Но не одними открытиями живет наука. Мне кажется, не меньшую роль играет формулировка фундаментальных положений, лежащих в основе отдельных научных областей и науки в целом, неформальная, содержательная систематизация знаний. Деятельность первооткрывателей подобна разведке, но за героями-разведчиками должен следовать фронт, возглавляемый великими генералами.

Вы абсолютно правы: мы рассматривали только один аспект науки — открытия. В настоящее время величайшие открытия не всегда совершаются величайшими учеными. В этом смысле Нобелевская премия дает несколько искаженное представление. Часто думают, что Нобелевские лауреаты — это и есть самые великие ученые. Но ведь в завещании Альфреда Нобеля четко сказано, что он хотел, чтобы премии присуждались за великие открытия, независимо от того, является ли автор открытия великим ученым. Для того, чтобы иметь широкий общий взгляд на свою область, чтобы уметь создавать системы из огромного потока информации, нужен иной склад ума. Ваша аналогия очень удачна, потому что существует армия рядовых научных работников, которые должны продолжать делать свое дело для того, чтобы наука могла продвигаться дальше. Позвольте мне выразить свою мысль несколько иначе. Раньше наука была призванием; теперь она стала отраслью промышленности. По-прежнему появляются исключительные умы, которые делают открытия и дают общую картину, но большинство людей, занятых в науке, вынуждены заниматься рутинной, совсем не эффектной работой. Но те, кто находится на переднем фронте науки, по-прежнему остаются интеллектуальными лидерами. Их число не меньше, чем было раньше, но есть много других людей, которые тоже занимаются наукой, но для них она — всего лишь одна из возможных профессий.

Кого из великих ученых, с которыми Вам довелось лично общаться, Вы хотели бы особо выделить?

Я встречался с большим числом великолепных ученых, так что выбрать кого-нибудь трудно. Речь идет о таком количестве разных личностей и таком множестве аспектов моих взаимодействий с ними, что выбор почти невозможен. Поэтому я подойду к ответу на Ваш вопрос несколько по-другому. Какие встречи прежде всего вспомнились мне, когда я прочитал Ваш вопрос? Это были встречи с Эдвардом Теллером и Джеймсом Уотсоном. Мы с Магди приехали к Теллерам (Митси Теллер тогда еще была жива) в их дом в Станфорде (Калифорния). Мы знали, над чем он

30 Зак. 218

работал, знали его книги и были очень хорошо подготовлены. Всю вторую половину дня мы сидели в своих креслах, как приклеенные, и слушали его рассказ — о работе и о физике. Когда я слушал его, у меня было ощущение, будто я нахожусь в другом мире, и я знал, что такого со мной еще никогда не случалось. Мы задавали вопросы и вставляли замечания, но в основном этот вечер был занят рассказом Теллера.

Мои встречи с Джимом Уотсоном были другими. Я записал три беседы с ним с интервалом в два года и встречался с ним еще несколько раз в разных местах: в Нью-Йорке, в Будапеште, в Стокгольме. В этих встречах не доминировал его рассказ, скорее, это было нечто вроде обмена мнениями по широкому кругу вопросов, но обмена, в котором ощущалось очень большое напряжение. Беседы были неспешными. Было очевидно, что, отвечая на мои вопросы или обсуждая проблемы, он хорошо обдумывал то, что хотел сказать. У меня было тревожное ощущение и, опять-таки, ощущение того, что происходит нечто неповторимое, но не в том смысле, как это было во время разговора с Теллером. Если Теллер поразил меня своими огромными знаниями и способностью убеждать, Уотсон оказал на меня впечатление тем, что позволил мне прикоснуться к своему мыслительному процессу, приоткрывая не только твердые убеждения, но и сомнения.

Что Вы хотели бы добавить к нашей беседе?

Я провел четыре года в Москве начиная с 1961 г., когда мне было 20 лет. Ответы на Ваши вопросы воскресили мои воспоминания. Я не был в Москве более 10 лет. Я хотел бы еще раз приехать туда, но немного опасаюсь, что, возможно, буду разочарован, если попытаюсь почувствовать себя таким, каким был 40 лет назад. Возможно, этот обмен вопросами и ответами — лучшее, что может быть за исключением реальной поездки, и я благодарен Вам за это.

Именной указатель*

* Жирным шрнфтом выделены фамилии ученых, беседы с которыми составляют основное содержанне книги, н соответствующие номера страннц.